

Pneumatyka

3(58)2006

DWUMIESIĘCZNIK

cena 7,50 zł
(w tym VAT 7%)

ISSN 1426-6644

Indeks 337 323

PRZEMYSŁOWE SYSTEMY SPRĘŻONEGO POWIETRZA

RECTUS
POLSKA

Sprężarki śrubowe
a odśrodkowe

Chłodnie
wentylatorowe

Układy
pneumohydrauliczne
w samolotach

Łożysko
aerostatyczne

Mikropneumatyka

Systemy
rozpraszania
sprężonego
powietrza

Osuszacze

O „zamiennikach”
części zamiennych



www.rectus.pl

Rectus Polska - wyłączny przedstawiciel
RECTUS GROUP i firmy PNEUMAX w Polsce

WYDAWNICTWO
LEKTORIUM

Rectus Polska – twój partner przy projektowaniu i budowie
przemysłowych instalacji pneumatycznych – str. 28



Specjalista od uzdatniania sprężonego powietrza

- Filtry
- Osuszacze adsorpcyjne
- Osuszacze ziębnicze





Technika Przemysłowa Sp. z o.o.

43-100 Tychy
ul. Budowlanych 43
tel.: +48 (32) 326 24 50
fax: +48 (32) 326 24 51
e-mail: laska@laska.com.pl
www.laska.com.pl

Filia Wrocław:
53-234 Wrocław
ul. Grabiszyńska 241 F
tel.: +48 (71) 364 77 70
fax: +48 (71) 364 77 71
e-mail: wroclaw@laska.com.pl

Uszczelnienia Techniczne

Uszczelnienia do zastosowania w hydraulice, pneumatyce oraz innych gałęziach przemysłu w pełnym zakresie typoszeręgów.

- Uszczelnienia tłoków i tłoczyk
- Uszczelnienia kompaktowe
- Uszczelnienia wargowe
- Pierścienie zgarniające
- Pierścienie i taśmy prowadzące
- O-ringi
- Pierścienie oporowe
- Uszczelnienia wału (simmerringi, v-ringi)
- Uszczelnienia ślizgowe AE Goetze
- Płyty gumowe
- Sznury gumowe
- Uszczelnienia specjalne

W ofercie posiadamy ok. 40 tys. pozycji
z czego 8 tys. w ciągłej sprzedaży.



ZAKOPANE NA POKAZ

Mózg, podobnie jak sprężarka, niechętnie się całkowicie wyłącza i musi pracować choćby na biegu jałowym. Żeby latem uciec od sejmowych łamigłówek, może się okazać konieczne sięgnięcie po puzzle, rebusy, krzyżówki, sudoku czy palindromy. Ja proponuję taką np. rozrywkę. Przyporównajmy nasz kraj do kobyły, a wybranych polityków wg własnego uznania do jej poszczególnych części. Będzie do śmiechu. Warto przy tym wiedzieć, że „KOBYŁA MA MAŁY BOK”, obojętnie, z której strony patrzemy, a ściślej – z której czytamy, bo wiem jest to najbardziej znany polski palindrom, czyli fraza, którą czyta się w dowolnym kierunku.

Nie jest łatwo samemu wymyślić palindrom. Ja spróbowałem. Najpierw komunikat z wyświetlacza kiepskiej sprężarki (firmy nie wymieniam):

NO AIR, AWARIA „ON”.

Teraz coś o urządzeniu długowiecznym:

LAT STO ŁATALI ROTOR
I LATAŁ, OT STAŁ.

Mam też coś na temat targów:
O TAK, TARGI GRATKA TO,
choć chce się płakać nad saldem,
A ŁZA DLA SALDA ZŁA.

Prawda, że uroczę? Ale dla Włochów SI, TARGI GRATIS.



Rządzenie krajem ma wiele barw, jak tęcza.

A TĘCZA KUSI PISU KACZĘ-
TA („CZ” i „CH” nie odwracamy).
Obecnie mamy więc
CHÓW DWÓCH.

Żle ma minister skarbu, bo
CO NOC dziwi się
U, BRAK SKARBU.

Ale są gorsze zagrożenia dla rządzących, np.

ILE ROMAN ŁADNY DYN-
DAŁ NA MORELI? (nie moje).

Do pilota trzeba mieć zaufanie,
A PILOT TO LIPA, jak wymyśliła
moja córka (w wieku szkolnym).

Ale wciąż mamy wakacje, a dla mnie latem zagrożeniem są piękne kobiety i ich feromony, dlatego powiedziałem sobie

NO MORE FEROMON.

Nawiązując zaś do Zakopanego, dawno tam nie byłem, a powyższy tytuł tylko tak na pokaz, bo to też palindrom.

Zdzisław Chrapkiewicz
redaktor naczelny

Pneumatyka

REDAKCJA

Zdzisław Chrapkiewicz

(redaktor naczelny)

Szymon Ciach

(zastępca redaktora naczelnego)

Marcin Kluziak

(redaktor techniczny)

Skład:

Wydawnictwo Lektorium

Komitet Naukowo-Techniczny:

prof. nadzw. dr hab. inż.

Łukasz N. Węsierski

prof. dr hab. inż.

Tadeusz Mikulczyński

prof. nadzw. dr hab. inż.

Mariusz Olszewski

prof. dr hab. inż.

Franciszek Siemieniako

ADRES REDAKCJI

ul. Robotnicza 72, 53-608 Wrocław

tel. (071) 798 59 42

fax: (071) 798 59 47

e-mail: pneumatyka@lektorium.pl

WYDAWCA

Wydawnictwo Lektorium

Kierownik Wydawnictwa:

Mariusz Makulski

Dział Prenumeraty:

Elżbieta Stasieńko

ADRES WYDAWCY

Wydawnictwo LEKTORIUM

ul. Robotnicza 72, 53-608 Wrocław

tel./fax: (071) 798 59 46

DRUKARNIA

Hector

PRENUMERATA

tel. (071) 798 59 46

prenumerata@lektorium.pl

Prenumeratę przyjmują:

Wydawnictwo Lektorium, RUCH SA,
SIGMA-NOT Sp. z o.o., KOLPORTER SA

Zlecenia na ogłoszenia i reklamy

prosimy kierować na adres wydawcy.

Redakcja nie odpowiada za treść ogłoszeń,

reklam i artykułów sponsorowanych.

W materiałach nadesłanych redakcja zastrzega sobie prawo dokonywania zmian redakcyjnych.

Przedruk tekstów w części lub w całości tylko

i wyłącznie za zgodą wydawcy. Artykuły

redakcyjne podlegają recenzji.

PNEUMA na targach w Poznaniu ____ 8

Wytrzymałe i elastyczne urządzenia
FLEXPET BOGE _____ 11

ITALCOM – instalacje sprężonego
powietrza _____ 12

Nie dać się oszukać, czyli nasza
prawda o „zamiennikach” _____ 16

Chłodniczy osuszacz sprężonego
powietrza Boreas Variopulse _____ 18

Transair
– jakość oszczędność, estetyka ____ 20

Co decyduje o wyjątkowości
firmy Sullair? _____ 22



Porównanie sprężarek odśrodkowych
ze śrubowymi zmiennieobrotowymi _ 24

Co słyszeć w Strzyżowie? (wywiad) __ 27

Rectus Polska – twój partner przy proje-
ktowaniu i budowie przemysłowych
instalacji pneumatycznych _____ 28

Jakość, która łączy. Instalacje
sprężonego powietrza John Guest __ 32



Efektywny strumień powietrza
chłodzącego w chłodni
wentylatorowej _____ 35

Aeorostatycznie łożyskowany
szybkobieżny zespół wrzecionowy __ 38

Układy pneumohydrauliczne
w samolotach _____ 42

Metoda zwiększania przepływu przez
sprężarkę drogą zabudowy dmuchawy
doładowującej _____ 45

Gravitational and Fluid Compression
Capacitance in Microfluidics _____ 48

Zestawienie dostawców siłowników __ 51

Systemy rozprowadzania sprężonego
powietrza (zestawienie) _____ 52



WIBRATORY PRZEMYSŁOWE

przedstawicielstwo firmy Netter GmbH

Nasza oferta obejmuje również:
PULSATORY PNEUMATYCZNE,
SYSTEMY AERACYJNE,
PODAJNIKI I PRZESIEWACZE WIBRACYJNE

PL 41 - 500 Chorzów, ul. Zgrzebnioka 5
tel. 032 241 1309 fax 032 247 4894 kom. 601 701 188
<http://www.inwet.chorzow.pl>, e-mail: inwet@inwet.chorzow.pl

JAKOŚĆ KTÓRA PRZEBIJA

- Sprężarki śrubowe o wydajnościach od 0,2 do 50,0 m³/min i ciśnieniach do 13 bar
- Sprężarki tłokowe o wydajnościach od 125 do 6200 l/min i ciśnieniach do 35 bar
- Oczyszczanie sprężonego powietrza,
- Kompleksowy montaż

Centrala:
PNEUMATIK SA
Wysogotowo
ul. Kamienna 28
62-081 Przeźmierowo
tel. (061) 816 12 46, 816 12 55
fax (061) 816 17 71
e-mail: info@pneumatik.com.pl
Internet: www.pneumatik.com.pl

Oddziały:
Częstochowa (034) 322 06 26
Jarosław (016) 624 22 60
Serwis 24 h: 0 605 44 55 55

Oficjalny przedstawiciel firmy BOGE KOMPRESSOREN

Prema Kielce we Wrocławiu

Centrum Produkcyjne Pneumatyki „PREMA” SA otwiera kolejny sklep firmowy we Wrocławiu. Lokalizacja w centrum Wrocławia (patrz reklama CPP Prema), z wygodnym dojazdem i miejscami parkingowymi, zwiększa komfort obsługi klientów. W sklepie firmowym jest dostępny pełen asortyment produktów firmy (m.in. siłowniki pneumatyczne, zawory rozdzielające, elementy przygotowania powietrza, elementy złączne i akcesoria) oraz wiele innych elementów stosowanych w układach sterowania pneumatycznego i automatyki, w tym nowy asortyment. Firma w roku 2006 obchodzi 30-lecie istnienia na rynku, a otwarcie nowego punktu handlowego pozwoli jej na skuteczne dotarcie z ofertą do klientów z Dolnego Śląska.

Polix Żukowo

POLIX Sp. z o.o. jest firmą rodzinną, specjalizującą się w przetwórstwie elastycznego PCW. Działalność rozpoczęła w 1982 roku, a więc ma już 24-letnie doświadczenie w produkcji elastycznych przewodów z PCW, wykorzystywanych w różnych gałęziach gospodarki.

Jej wyroby, takie jak np. przedłużacze do sprężonego powietrza zakończone szybkozłączkami, doskonale konkurują ze światowymi liderami na wymagających rynkach UE, Rosji, Kanady i USA.

Włoska pneumatyka w Krakowie

ite pałeczka – zapletal s.c. oferuje włoską pneumatykę firmy UNIVER oraz fachowe doradztwo techniczne w zakresie unowocześniania linii produkcyjnych, zarówno istniejących,

jak i nowo powstających. Przyjmuje zlecenia na profesjonalne projektowanie systemów pneumatycznych. W związku z uruchomioną ostatnio produkcją oryginalnych elementów UNIVER w Polsce znacznie skrócił się czas oczekiwania na siłowniki w nietypowych rozmiarach. Wdrożony niedawno System Zarządzania Jakością potwierdzony Certyfikatem ISO 9001:2000 gwarantuje wysoką jakość obsługi i oferowanych produktów.

Wyspy zaworowe „clean line” CL03 Bosch-Rexroth

Wyspa zaworowa CL03 przeznaczona jest do stosowania w urządzeniach branży spożywczej i chemicznej na liniach technologicznych, pakujących i rozlewniczych. Głównymi elementami sterującymi tej wyspy są zawory HF03 o bardzo dobrych parametrach przepływu, zabezpieczone szczelnymi osłonami przed



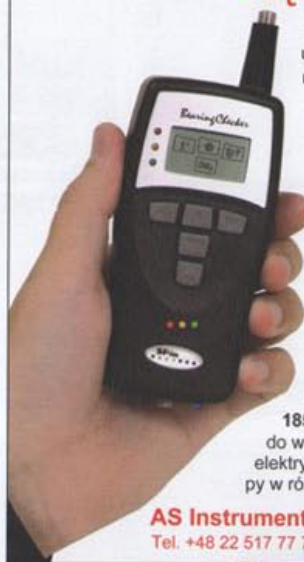
wpływem czynników zewnętrznych, okablowane i połączone z płytami przyłączeniowymi, zwarte w zabudowie i gotowe do podłączenia do układu pneumatycznego i elektrycznego.

Przemysł spożywczy stawia bardzo wysokie wymagania produktom technicznym pracującym w urządzeniach mających kontakt z żywnością.

Takie wymagania spełnia wyspa zaworowa CL03. Jest przystosowana do pracy w mokrym i agresywnym środowisku i gotowa do działania po zainstalowaniu bezpośrednio na maszynie.

BearingChecker

Uczyn diagnostykę zyskową częścią twojej produkcji



Awarie maszyn są często powodowane przez uszkodzenie łożysk. Zapobieganie czasochłonnym postojom i ich wykrywanie jest kluczem do wydłużenia czasu pracy maszyn i obniżenia kosztów produkcji. Nieplanowane postoje, jak i niezbędne prace remontowe mogą być zredukowane przez kontrolowanie stanu łożysk.

Wspomagający cię ekspert

Bearing Checker daje możliwość stworzenia aktywnego systemu diagnostycznego, ekonomicznie dostępnego dla każdego. **Bearing Checker** poza impulsami uderzeniowymi łożysk mierzy temperaturę powierzchni, wykrywając podczerwień, a ponadto może być zastosowany jako stetoskop elektroniczny. Będąc przyrządem kieszonkowym (ciężar 185 g, wymiary 158 x 62 x 30), może być użyty do większości maszyn wirujących takich jak silniki elektryczne, sprężarki i dmuchawy, wentylatory i pompy w różnorodnych warunkach przemysłowych.

AS Instrument Polska 04-026 Warszawa, Al. St. Zjednoczonych 51
Tel. +48 22 517 77 73, Faks +48 22 517 77 74, www.asinstrument.eu

Opracowany do szybkiej oceny stanu łożysk na podstawie kolorów



Podnieś poziom diagnostyki – wspomóż pracę personelu remontowego poprzez zastosowanie łatwego w obsłudze, taniego przyrządu do kontroli łożysk!

ite pałęcka-zapletal s.c.

TWÓJ DOSTAWCA

Mogilska 43 31-545 KRAKÓW
tel. 012 294 29 60, fax 012294 29 61
www.ite.net.pl biuro@ite.net.pl



PNEUMATYKA



ZŁĄCZKI



BLOKADY



Siłowniki pneumatyczne membranowe wielosprężynowe

- duża trwałość membran, sprężyn i uszczelnień
- możliwość zmiany działania siłownika z prostego na odwrotne bez dodatkowych części
- liniowa zależność przemieszczenia trzpienia od ciśnienia sterującego
- mała masa i wymiary gabarytowe
- szeroki zakres sił działania
- różne zakresy sprężyn
- jarmzo siłownika: kolumnowe, odlewane
- możliwość wyposażenia w:
 - napęd pneumatyczny lub elektropneumatyczny
 - ustawnik pozycyjny
 - trójdrogowy zawór elektromagnetyczny
 - wyłączniki krańcowe
 - filtrreduktor
 - zawór blokujący
 - nadajnik położenia



Zakłady Automatyki POLNA S.A. są producentem wyrobów:
Automatyki Przemysłowej: zawory, przepustnice
Automatyki Ciepłowniczej: regulatory, filtry
Urządzenia Centralnego Smarowania: pompy, dozowniki, systemy
Aparatura Laboratoryjna: destylatory i redestylatory
POLNA S.A. ul. Obózowa 23 37-700 Przemyśl, 016-678-66-01
www.polna.com.pl

legris
connectic

Gdziekolwiek
jest ciśnienie,
tam jest LEGRIS



Oferta firmy Legris obejmuje również szeroki gamę komponentów hydraulicznych

Więcej informacji na stronie
www.legris.pl

legris A DIVISION OF GROUPE LEGRIS INDUSTRIES

LEGRIS POLAND Sp. z o.o.
ul. Duchnicka 3
01-796 Warszawa
tel: 48 22 560 27 01 - fax 48 22 663 43 61

PNEUMA na targach w Poznaniu

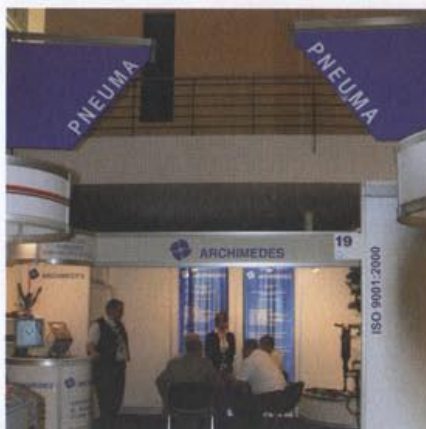
Międzynarodowe Targi Poznańskie odnotowują kolejne rekordy. W tym roku powierzchnia targów ITM (Investments Technologies Machines), które odbyły się w dniach 19-22.06.2006, była większa o 15% w stosunku do ubiegłego roku i wynosiła 24 000 m². Największy przyrost dotyczył salonu METALFORUM, gdzie liczba wystawców wzrosła o 64%, a powierzchnia o 35%.

Tradycyjnie ekspozycja była zgrupowana w kilku salonach: ENERGIA – Salon Energetyki i Gazownictwa, MACH-TOOL – Salon Obrabiarek i Narzędzi, METALFORUM – Salon Metalurgii, Hutnictwa i Odlewnictwa, NAUKA DŁAGOSPODARKI, SURFEX – Salon Technologii Obróbki Powierzchni, LTS TRANSPORTA – Salon Logistyki, Transportu i Spedycji

Warto nadmienić, że MACH-TOOL to największe targi branży obrabiarkowej w Europie Środkowo-Wschodniej. Uczestniczyło w nich 700 wystawców z 22 krajów: Austrii, Belgii, Chin, Czech, Danii, Finlandii, Francji, Grecji, Hiszpanii, Holandii, Niemiec, Polski, Rumunii, Słowacji, Stanów Zjednoczonych, Szwajcarii, Szwecji, Tajwanu, Turcji, Węgier, Wielkiej Brytanii i Włoch. Powierzchnia tego salonu była o 20,8% większa niż w roku ubiegłym.

Powyższe dane statystyczne podajemy za organizatorami. Nasze własne obserwacje dotyczą raczej atmosfery targowej, tzw. frekwencji zwiedzających, opinii wystawców.

Wydaje się, że publiczności „masowej” było nieco mniej niż ostatnio. Z całą pewnością przyczyniły się do tego trwające dokładnie w tym samym czasie mistrzostwa świata w piłce nożnej. Nie było to jednak dużą przeszkodą dla publiczności fachowej,





która dopisała ku wielkiemu zadowoleniu wystawców.

W naszej dziedzinie ekspozycja była nieznacznie mniejsza niż w roku ubiegłym, co jednak nie budzi żadnego niepokoju, gdyż tradycyjnie lata parzyste są mniej obfite, a nieparzyste bardziej, w związku z dwuletnim cyklem największych wystaw dotyczących sprężonego powietrza na targach w Hanowerze (dotyczy to np. takich producentów, jak Atlas Copco i Kaeser Kompressoren). A jednak w naszym parku tematycznym „PNEUMA” było na co popatrzeć. Duża sprężarka bezolejowa z regulowanymi obrotami NIRVANA (na stoisku Ingersoll Rand) czy maleńka (1,5 kW) łopatkowa GNUZZI na stoisku In-Tech przykuwały uwagę specjalistów. Podobnie na stoiskach Gudepol, Pneumatik SA (sprężarki BOGE), Vector (GARDNER DENVER) i WAN Gdynia trwały ożywione rozmowy. Firmy te mają już bowiem trwałą pozycję na polskim rynku i szerokie grono zadowolonych klientów. Czeski ORLIK również jest obecny od lat na polskim rynku i na targach przyjmował wielu gości. Oferta Bosch-Rexroth dla pneumatyki (szczególnie nowoczesne wyspy zaworowe), znana również z łamów naszego czasopisma, zawsze wzbudza duże zainteresowanie. Ciekawym zjawiskiem jest „ofensywa” tureckich firm sprężarkowych – w Poznaniu pojawiły się aż trzy. Na „PNEUMIE” były obecne tak znane użytkownikom sprężonego powietrza firmy, jak CPP Prema (cały zakres elementów pneumatycznych), Zorin (siłowniki), Archimedes (narzędzia pneumatyczne), Kopako (narzędzia Ingersoll Rand). Firma Italcom, znana na rynku motoryzacyjnym, jest coraz bardziej zauważalna w branży sprężonego powietrza, gdzie oferuje kompleksowo instalacje sprężonego powietrza (z montażem) dla warsztatów i zakładów produkcyjnych.

Jak zwykle w salce konferencyjnej „PNEUMY” miały miejsce prezentacje i dyskusje. W tym roku zamiast formuły „konferencja” wprowadzono formułę „forum” o bardziej dynamicznym i „roboczym” charakterze, to znaczy z programem kształtującym się na bieżąco. Do bardziej interesujących należały prezentacje manipulatora pneumatycznego (Politechnika Świętokrzyska) i wysokoobrotowego łożyska powietrznego (Politechnika Łódzka).



J.P. SAUER & SOHN
MASCHINENBAU GMBH



30 bar 35 bar 40 bar 70 bar 100 bar 150 bar 200 bar 250 bar 350 bar



do 400 bar
sprężarki wysokiego ciśnienia

Serwis 24 godziny na dobę:
tel./fax: (+48 22) 846 62 54
tel. kom: 0 601 303 804

www.alup.pl

WARSZAWA

ALUP Kompressoren sp. z o.o.
ul. Krzysztofa Kolumba 22
02-288 Warszawa
tel./fax: (+48 22) 868 00 33, 846 62 54
alup@alup.pl

POZNAŃ

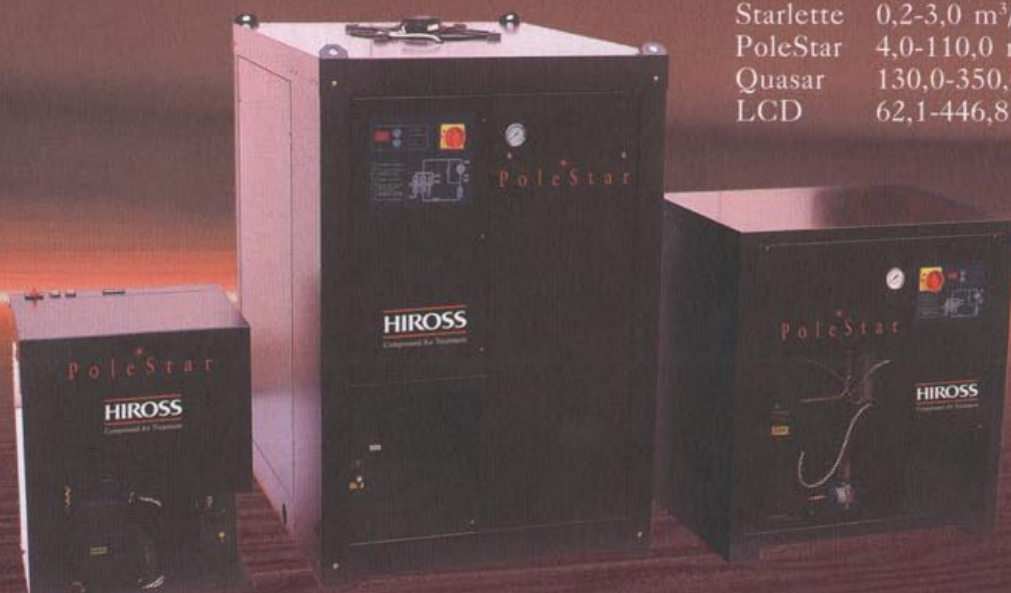
ul. Strzeszyńska 33
60-479 Poznań
tel./fax: (0 61) 656 70 22, 0 601 177 355

WROCŁAW

ul. Olszewskiego 23/B-3
51-642 Wrocław
tel./fax: (0 71) 348 32 91, 0 607 084 154

HIROSS

Compressed Air Treatment
Osuszacze chłodnicze



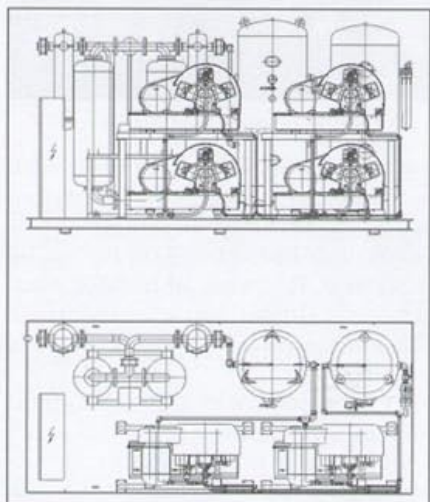
Starlette	0,2-3,0 m ³ /min
PoleStar	4,0-110,0 m ³ /min
Quasar	130,0-350,0 m ³ /min
LCD	62,1-446,8 m ³ /min

dh Group Polska Sp. z o.o., ul. Ryżowa 87, 05-816 Opacz k/Warszawy
tel. (022) 723 03 67, fax (022) 723 03 68, e-mail: info@dhgroup.pl

Wytrzymałe i elastyczne urządzenia FLEXPET BOGE

Chociaż szklane butelki nie wychodzą z użycia, nie ulega wątpliwości, że opakowania plastikowe są i będą stosowane w coraz większej ilości. Do wytwarzania butelek PET – podobnie jak butelek szklanych – niezbędne jest sprężone powietrze. Jednak parametry tego powietrza są inne niż przy rodmuchiowaniu szkła. Producenci sprężarek oferują odpowiednie zestawy urządzeń, których wspólną cechą jest wysoka wartość końcowego ciśnienia roboczego. Firma Boge proponuje urządzenia oparte na koncepcji komponowania zestawu do konkretnego zapotrzebowania, w którym cała część wysokociśnieniowa zamontowana jest na ramie.

Sprężarki śrubowe wytwarzają wstępnie sprężone powietrze, które jest gromadzone w pierwszym zbiorniku powietrza. Tak zwane boostery, czyli wysokociśnieniowe sprężarki tłokowe, podnoszą ciśnienie tego powietrza do wartości 40 bar.



Fot. 2 Możliwość komponowania różnych zestawów



Fot. 1 Najprostszy zestaw wysokociśnieniowy FLEXPET

Powietrze to jest następnie przechowywane w zbiorniku wysokociśnieniowym.

Kompletne urządzenia FLEXPET z boosterem(-ami), nadrzędną szafą sterowniczą, osuszaczem adsorpcyjnym, zbiornikami i filtrami wysokiego ciśnienia są, oprócz sprężarki śrubowej, zamontowane na wspólnej ramie fundamentowej i kompletnie orurowane i okablowane.

Zalety rozwiązania BOGE

- Elastyczny zakres wydajności z 11 modelami od 93 do 1078 m³/h;
- pełna gama produktów na każde zapotrzebowanie.
- Napełnienie olejem USDA-H1 dla sprężarki śrubowej i boostera;
- olej dopuszczony do stosowania w przemyśle spożywczym, sprężone powietrze najwyższej jakości dla produktów spożywczych.
- Sprężarka śrubowa dla niskiego ciśnienia (11 bar) wykonana na indywidualne życzenie;
- możliwe bezproblemowe podłącze-

nie wysokociśnieniowego boostera (40 bar) do istniejącej sieci sprężonego powietrza lub do sprężarki śrubowej.

- Bezstopniowa regulacja wydajności sprężarki śrubowej;
- ekonomiczne dopasowanie do faktycznego zapotrzebowania.
- Inteligentny system sterowania sprężarkami;
- przy niewielkim zapotrzebowaniu powietrza pracują tylko niezbędne maszyny w ruchu przerywanym bez kosztownego biegu jałowego.
- Osuszacz adsorpcyjny (ciśnieniowy punkt rosy – 40°C) łącznie z filtrem wstępnym i końcowym;
- suche sprężone powietrze, klasa jakości 2 wg DIN ISO 8573-1;
- praktycznie bezolejowe sprężone powietrze, klasa jakości 1 wg DIN ISO 8573-1.
- Zbiornik sprężonego powietrza dla zakresu wysokich ciśnień;
- odbiór suchego i technicznie bezolejowego powietrza do wydmuchiwania butelek.
- Stacja filtrów wysokociśnieniowych składa się z filtrów sprężonego powietrza i filtrów z węglem aktywnym;
- filtruje opary oleju i woń ze sprężonego powietrza.

Artykuł promocyjny
Pneumatik SA
Zofia Choma



ITALCOM – instalacje sprężonego powietrza

Italcom to firma znana nie tylko jako dostawca wyposażenia warsztatowego dla firm zaplecza motoryzacji, ale również jako wykonawca sieci sprężonego powietrza i sieci centralnej dystrybucji olejów. Prawidłowo zaprojektowana i wykonana sieć sprężonego powietrza jest warunkiem ustrzeżenia się przed stratami energii i szkodami wynikłymi ze złej jakości sprężonego powietrza.

Przy projektowaniu instalacji zazwyczaj brane są pod uwagę głównie dwa parametry (ilość oraz minimalne ciśnienie sprężonego powietrza) niezbędne dla prawidłowego funkcjonowania zasilanych urządzeń.

Jednak nie bez znaczenia dla jakości instalacji i ponoszonych kosztów są także pozostałe (często pomijane na etapie projektowania) czynniki, np:

- ciężar własny instalacji;
- odpowiedni dobór średnic;
- optymalny przebieg instalacji;
- rozszerzalność cieplna przewodów;
- możliwości mocowania;
- zachowanie odpowiednich „spadków”;
- możliwości modyfikacji w trakcie użytkowania;
- trwałość i estetyka.

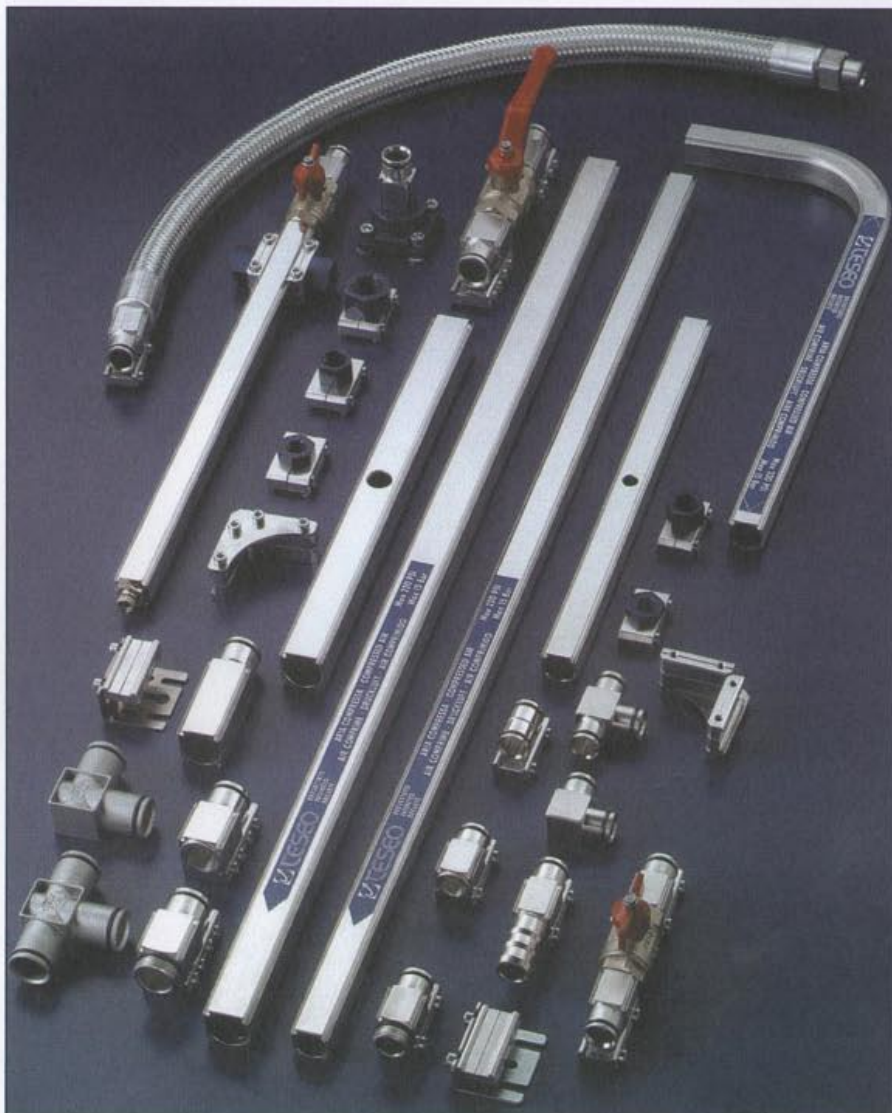
Rodzaje przewodów rurowych i sposoby ich łączenia

Najczęściej stosowane przewody do instalacji sprężonego powietrza to:

- rury z tworzyw sztucznych (polipropylen, poliamid, polietylen), zwykle w zakresie średnic wewnętrznych do 30 mm;
- rury stalowe i z metali kolorowych (aluminium, miedź, mosiądz).

Istotnym elementem mającym wpływ na koszt wykonania, a także maksymalne dopuszczalne ciśnienia, jest sposób łączenia przewodów.

Rozróżniamy tutaj kilka najczęściej stosowanych systemów:



Fot. 1 Profile aluminiowe i elementy łączące w zakresie średnic 20-110 mm

- zgrzewanie (rury z tworzyw sztucznych, miedź);
- zaciskanie, systemy wtykowe (rury z tworzyw sztucznych, miedź, aluminium);
- spawanie, lutowanie (rury stalowe i z tworzyw sztucznych);
- skręcanie (rury stalowe).

Generalnie zastosowanie systemów zaciskowych i zgrzewanych ograniczone jest do ciśnień 16-20 barów. Przy ciśnieniach wyższych wskazane są połączenia śrubowe lub spawane.

Dobierając rodzaj przewodów i system ich łączenia, warto również

zwrócić uwagę na znaczne różnice w ich ciężarze własnym, co ma wpływ na obciążenie tych fragmentów obiektu, do których mocowana będzie instalacja. Również od rodzaju przewodów zależna jest częstotliwość ich mocowania oraz rozszerzalność cieplna.

Przy projektowaniu przebiegu instalacji (szczególnie przy większych obiektach) warto wykonać magistralę główną w kształcie obwodu zamkniętego, co umożliwi nam zastosowanie mniejszych przekrojów.

Jak dobrać odpowiednie parametry sprężarki i instalacji?

Rzeczą podstawową jest określenie maksymalnego poboru sprężonego powietrza. Aby oszacować ten parametr, należy zsumować zapotrzebowanie wszystkich odbiorników, uwzględniając zakres równoczesnego ich użytkowania. Nie jest to zadanie proste i stosuje się tutaj różne metody, np. poprzez wprowadzenie współczynników określających czas okresowego użytkowania narzędzi. Praktycznie wartość takich współczynników korygujących określa się na poziomie 0,1–0,3. Po określeniu wartości zapotrzebowania na sprężone powietrze można korzystając z zamieszczonych tabel wstępnie dobrać wielkość sprężarki i średnice przewodów.

Tabela 1 Wydajność kompresora w zależności od mocy silnika

Moc silnika [kW]	Wydajność [l/min]
1,5	230
3	460
4	650
5,5	900
7,5	1200
11	1750
12,5	2000
15	2500
18	3000
22	3500
29	4500
37	6000
45	7000
55	8500
74	12000
92	15000
110	18000
132	21000
170	26000
200	31000

Tabela 2 Dobór średnicy odejść od magistrali w zależności od przepływu

Średnica odejścia [mm]	Przepływ [l/min]
φ 20	do 1750
φ 25	do 3500
φ 32	do 6000

Tabela 3 Dobór średnicy rur w zależności od długości instalacji

Przepływ	Odległość pomiędzy kompresorem a najdalej położonym punktem odbioru									
	Nl/min	Nm ³ /h	25m	50m	100m	150 m	200 m	300 m	400 m	500 m
230	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20
650	39	20	20	20	20	25	25	25	25	25
900	54	20	20	20	25	25	25	32	32	32
1200	72	20	20	25	25	25	32	32	32	32
1750	105	20	25	25	32	32	32	40	40	40
2000	120	25	25	32	32	32	40	40	40	40
2500	150	25	25	32	32	40	40	40	40	40
3000	180	25	32	32	40	40	40	50	50	50
3500	210	25	32	40	40	40	50	50	50	50
4500	270	32	32	40	40	50	50	50	50	50
6000	360	32	40	50	50	50	63	63	63	63
7000	420	40	40	50	50	50	63	63	63	63
8500	510	40	40	50	63	63	63	63	63	63
12000	720	40	50	63	63	63	63	63*	63*	63*
15000	900	50	50	63	63	63	63*	63*	63*	63*
18000	1080	50	63	63	63*	63*	63*	63*	63*	63*
21000	1260	50	63	63	63*	63*	63*	63*	63*	63*
26000	1560	63	63	63*	63*	63*	63*	63*	63*	63*
31000	1860	63	63	63*	63*	63*	63*	63*	63*	63*

Dla ciśnienia P=7 barów i spadku ciśnienia do 4%,

* spadek ciśnienia powyżej 4%

Aluminiowe rury kształtowe w budowie sieci technologicznych

Od niedawna firma oferuje klientom możliwość realizacji wspomnianych sieci w najnowocześniejszej technologii wykorzystującej do ich budowy aluminiowe rury kształtowe.

System AP

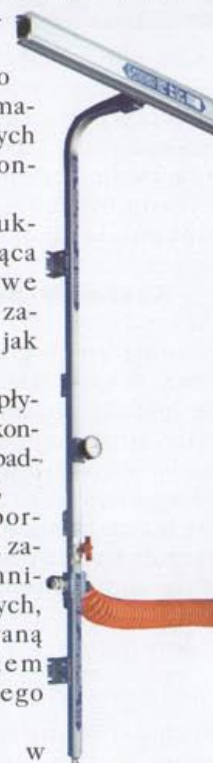
Stworzony pierwotnie z myślą o małych i średniej wielkości sieciach sprężonego powietrza, przede wszystkim w technicznym zapleczu motoryzacji, system sprawdził się doskonale także w innych gałęziach przemysłu jako nowoczesna technologia budowy sieci dystrybucyjnych różnych mediów.

Tabela 4 Podstawowe parametry systemu AP

Średnica wewnętrzna [mm]	20	25
Wymiary zewnętrzne [mm]	22×22	28×28
Ciśnienie maks. [bar]	15	
Temperatura min. [°C]	-30	
Temperatura maks. [°C]	130	
Średni przepływ [l/min (8 bar)]	1500	2700

Jego podstawowe cechy to:

- budowa modułowa ze standardowych elementów,
- prosty, bardzo szybki i niewymagający specjalnych kwalifikacji montaż,
- lekkość konstrukcji umożliwiająca bezproblemowe mocowanie jej zarówno do ścian, jak i do sufitu,
- małe opory przepływu mediów, a w konsekwencji małe spadki ciśnienia w sieci,
- doskonała odporność na korozję, zarówno od czynników zewnętrznych, jak i powodowaną oddziaływaniem transportowanego medium,
- niespotykana w przypadku konkurencyjnych systemów estetyka sieci wykonanych w tej technologii,
- możliwość rozbudowy sieci bez



konieczności przerywania jej użytkowania,

- możliwość wielokrotnego wykorzystania tych samych elementów w przypadku zaistnienia konieczności demontażu i ponownego montażu sieci.

System HBS (tab. 5)

To „większy brat” systemu AP, przeznaczony przede wszystkim do budowy przemysłowych sieci sprężonego powietrza o skomplikowanej topografii. Tworzy go zestaw przewodów aluminiowych o różnych profilach i prze-



krojach oraz przystosowana do nich armatura w postaci kolanek, trójników, zaworów itp. Technologia HBS gwarantuje sieciom wykonanym przy jej zastosowaniu te same cechy, jakie zapewnia technologia AP.

Systemy pomocnicze

Nieodłącznym elementem miejsca pracy, w którym stosuje się tradycyjne sposoby zasilania narzędzi pneumatycznych, są przewody powietrzne wielometrowej długości. Niezależnie od tego, czy są one nawijane na bębny czy też mają postać węży spiralnych, z reguły bardzo przeszkadzają i stwarzają zagrożenie dla pracowników.

Jednak tych problemów można uniknąć, stosując nowoczesne systemy zasilania narzędzi.

System ATS

Tworzą go dwa zasadnicze elementy: profile aluminiowe stanowiące szyny jezdne i poruszające się po nich wózki. Nośność wózka umożliwia podwieszenie pod nim elementu o masie maksymalnej 50 kg. Tym elementem może być na przykład pojedyncze narzędzie podłączone na balanserze lub kilka narzędzi o mniejszym cię-



żarze. Istota systemu polega na tym, że przyłączy dla medium napędzającego narzędzia znajduje się na wózku. W większości przypadków narzędzia napędzane są sprężonym powietrzem, jednak istnieje również możliwość zasilania w ten sposób elektronarzędzi, a także równoczesne zasilanie powietrzem i energią elektryczną. Maksymalna długość szyny dla pojedynczego wózka wynosi 18m.

System SAB

Pod tą nazwą kryje się system obrotowych wysięgników, służących do podwieszania narzędzi pneumatycznych i równoczesnego zasilania ich sprężonym powietrzem. Przy zamocowaniu wysięgnika na ścianie jego ramię może w płaszczyźnie poziomej dokonywać obrotu o 180°. Zakreśla przy tym półkole, stanowiące pole, w którym można wygodnie operować narzędziem zawieszonym na wysięgniku. Jeszcze większą swobodę manewrowania narzędziem daje połączenie systemu ATS i SAB, czyli umieszczenie szyny z ruchomym wózkiem na obrotowym wysięgniku.

W skład systemu SAB wchodzi także wysięgnik o małych gabarytach, którego ramię może obracać się wokół pionu o 360°. Jest on jednak przeznaczony do mocowania do stołów montażowych i warsztatowych.



Tak jak systemy AP i HBS, również ATS i SAB, poza zastosowaniem w sieciach sprężonego powietrza, mogą być wykorzystywane do budowy sieci dystrybucyjnych innych gazów i cieczy.

System WBA

System WBA powstał myślą o stanowiskach roboczych, na których wykonywanie pracy wiąże się z

częstym korzystaniem z narzędzi

pneumatycznych lub (i) elektronarzędzi.

Są to wykonane z profilowanych rur aluminiowych stoły montażowe. Profile, z których wykonana jest konstrukcja, mogą także pełnić rolę przewodów zasilających stanowisko pracy sprężonym powietrzem. Wykorzystanie elementów znanych z systemów AP i ATS powoduje, że stoły WBA posiadają wszystkie zalety wspomnianych systemów. Przede wszystkim są lekkie i odporne na korozję, zaś sposób zamocowania i zasilania narzędzi zapewnia pracownikowi pełną swobodę ruchów, a co za tym idzie – wysoki komfort pracy.

Stoły WBA dostępne są w dwóch długościach całkowitych: 1,5 m i 2 m.

Oprócz kompletnych stołów dostępne są także nadstawki o tych samych długościach i tych samych właściwościach, przeznaczone do montażu na standardowych stołach warsztatowych.

Artykuł promocyjny
ITALCOM

Tabela 5 Podstawowe parametry systemu HBS

Średnica wewnętrzna [mm]	32	50	63	80	110
Wymiary zewnętrzne [mm]	36×50	60×60	68×74	85×85	115×115
Ciśnienie maks. [bar]			15		
Temperatura min. [°C]			-30		
Temperatura maks. [°C]				130	
Średni przepływ [l/min (6 bar)]	4000	12000	20000	40000	75000

Italcom Sp. z o.o.
ul. Józefowska 21
40-144 Katowice
0 32 204 35 13
www.italcom.com.pl



CENTRUM PRODUKCYJNE PNEUMATYKI
"PREMA" S.A. w KIELCACH

ISO 9000:2000

CPP PREMA S.A. OTWIERA NOWY SKLEP FIRMOWY WE WROCŁAWIU

ZAPRASZAMY
DO ODWIEDZENIA NASZEGO
SKLEPU FIRMOWEGO

we Wrocławiu przy ulicy

Rybackiej 11

53-656 WROCŁAW

gdzie oferujemy pełny asortyment
pneumatyki siłowej i sterującej.

Sklep czynny w godzinach:

poniedziałek - piątek

od 8.00 do 16.00

Tel./fax 071 359-09-43

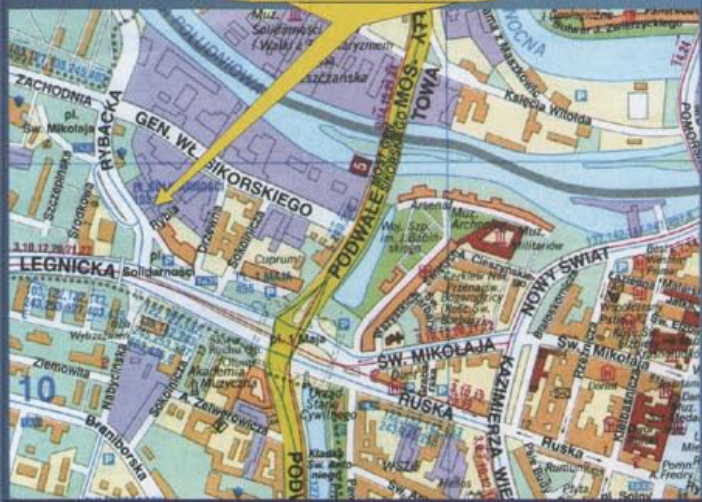


- silowniki pneumatyczne
D12xD320
ISO i CNOMO
z elementami mocującymi



- narzędzia pneumatyczne
(szlifierki, wkrętaki, klucze)

SKLEP FIRMOWY



- zawroty rozdzielające
G1/8-G3/4 (ZMG, ZE, DTE)



- wyspy zaworowe
D-SUB (MULTIPOL)



- elementy przygotowania
powietrza G1/8-G3/4
(filtry, reduktory, smarownice,
bloki przygotowania powietrza)

Ponadto oferta sklepu obejmuje:

- elementy złączne, akcesoria dla pneumatyki, przewody, złączki i przyłącza
- doradztwo techniczne, dobór zamienników
- wyroby nie katalogowe na zamówienie Klienta

SIEDZIBA

Ul. Wapiennikowa 90 25-101 Kielce
tel. 041 361-95-24, fax. 041 361-91-08
Marketing: 041 362-21-60
prema@prema.pl
www.prema.pl

PNEUMATYKA I AUTOMATYZACJA DLA WYMAGAJĄCYCH
www.prema.pl

Nie dać się oszukać, czyli nasza prawda o „zamiennikach”

Telefon zdenerwowanego szefa ruchu: „Mamy olej na krosnach, zniszczoną partię tkaniny i straty!”. Pierwsze podejrzenie to oczywiście sprężarka. Bo tak najłatwiej. Krótkie dochodzenie wykazuje, że zostały zastosowane „doskonałe zamienniki separatorów” zakupione w firmie...

Po zakupie (dobrych także jako doskonałe) i założeniu nowych elementów separujących 200 litrów oleju sprężarkowego znalazło się w sieci. Zniszczyło serię opakowań szklanych i omal nie doprowadziło do zatarcia sprężarki. Straty absolutnie niewspółmierne do „oszczędności” i świadomość bycia oszukanym to cena za łatwowierność techniczną i złe pojęte oszczędzanie. Dobrze wykonane element separujący nie jest sprawą prostą. Praktycznie niewiele firm opanowało jego wytwarzanie na wysokim poziomie jakości. WITTIG, modernizując sprężarki grupy „powerline”, zamówił separatory oleju u 20 firm według własnej specyfikacji technicznej. Już przy pierwszych badaniach odrzucił wyroby 17 producentów! Tyle pokrótce o separatorach.



Fot. 1 „Implozja” separatora. Był tani. W konsekwencji 200 litrów oleju zniszczyło partię wyrobów szklanych

Dalsze rozważania opieramy na budowie sprężarek WITTIG, jakkolwiek mogą być w znacznym stopniu generalizowane. Konstrukcja WITTIGÓW jest bardzo specyficzna, także przez fakt,

że ciśnienie systemu wtrysku oleju przy pracy na odciążeniu wynosi tylko 1,2 bara. Dla użytkownika jest to korzyść związana ze znacznie mniejszym zużyciem energii elektrycznej. Istnieje także możliwość pracy tych maszyn przy ciśnieniach roboczych od 1,5 bara (3 barów w mniejszych jednostkach). Dla konstruktora to poważne wyzwanie techniczne. Tutaj doskonale przydaje się 100-letnie doświadczenie producenta. Układ olejowy musi zapewniać (z dużym – jak to u WITTIGA – zapasem bezpieczeństwa) odpowiednie warunki pracy elementów sprężających. I zapewnia, gdy stosujemy filtry oleju o obniżonych oporach przepływu, wykonane specjalnie według specyfikacji WITTIGA. Także firma GNUTTI stanowczo oznajmia, że w układzie wtrysku oleju stosuje filtry o dwukrotnie obniżonym oporze przepływu w stosunku do produktów typowych. Wytworzenie filtra o takich parametrach przy zachowaniu bardzo wysokiej zdolności filtracji w dłuższym czasie pracy podnosi jego cenę, ale jego zastosowanie zapewnia bezawaryjne funkcjonowanie nieporównywalnie droższych urządzeń. Ponadto niespełnienie tego wymogu przez inwestora unieważnia bardzo długi okres ochrony gwarancyjnej (10 i 5 lat). Niestety, zamiennik dobrany według kryterium wymiarów zewnętrznych i gwintu w tym przypadku (jak w każdym innym) powoduje tylko radość świadomego bądź nieświadomego oszusta, który sprzedaje swój produkt (najlepszy i najtańszy oczywiście) za wszelką cenę, weźmie premię, a nie weźmie żadnej odpowiedzialności za przyspieszoną destrukcję urządzenia. Trudno nawet w takich przypadkach dyskutować z inwestorem, który szuka wszędzie oszczędności, a nie przyjmuje do wiadomości racji technicznych. Ale tylko do czasu.

Przegląd po 60 tysiącach godzin 132 kW sprężarki WITTIG. Od razu wychwytujemy charakterystyczny dźwięk zużycia łożysk i od razu wielkie zaskoczenie, czy się przypadkiem nie mylimy. Te maszyny bez jakichkolwiek objawów zużycia przepracowały do zapo-



Fot. 2 Wyraźne ślady zacierania przy końcach łopatek spowodowane za niskim ciśnieniem w układzie olejowym



Fot. 3 Zniszczona powierzchnia robocza pokryw bocznych komory sprężania w wyniku zbyt małego ciśnienia oleju spowodowanego zastosowaniem nieoryginalnych filtrów

biegawczej wymiany łożysk ponad 100 000 godzin – przy zgodnej z zaleceniami producenta obsłudze serwisowej. Zdecydowanie za wcześnie na interwencję w mechanizmy sprężarki. Jednak po demontażu okazuje się, że rzeczywiście potężne łożyska rolkowe są zużyte, ponadto łopatki i pokrywy boczne wykazują ślady zacierania.

Diagnoza jest jednoznaczna. Stosowanie od dłuższego czasu „doskonałych” zamienników – tańszych filtrów oleju – spowodowało redukcję ciśnienia smarowania i w konsekwencji efekt zatarcia. Konsternacja służb technicznych i nasza rada, by niemałymi kosztami naprawy sprężarki obciążyli pospół dostawcę tych filtrów i tego, kto podjął w firmie decyzję o ich zakupie. Oby tak się stało. Póki co skrócili pospół życie sprężarki o 5 lat! Tyle pokrótce o filtrach oleju.

Dostawcą filtrów powietrza dla najlepszych producentów sprężarek jest jed-



Rys. 5 Nawet tak potężne łożyska mogą być szybko zniszczone przez stosowanie złych filtrów oleju i powietrza

na firma. W przypadku WITTIGA są to filtry o zdolności wychwytywania zanieczyszczeń stałych o wymiarach 1 mikrometra. Oczywiście takie filtry mają odpowiednią cenę. Ale dla działów zakupów wielu firm filtr to tylko filtr. Chętnie dają posłuch złotoustym przedstawicielom tanich producentów. „Przecież ta firma jest doskonała, produkuje filtry do mercedesa” – możemy usłyszeć w dyskusji. Może i doskonała, może i dobre dla mercedesa, ale dla WITTIGA zabójcze. Tylko tego także od razu nie widać i konsekwencje nieodpowiedzialnych decyzji następują z opóźnieniem. Ale następują nieubłagane. W takich przypadkach precyzyjne złożenia kinematyczne sprężarek zostają szybko niszczone. Efekt zastosowania nieodpowiednich filtrów powietrza ilustrują fotografie 5 i 6, na których widać uszkodzone powierzchnie robocze łopatek i cylinder korpusu.

Innym ważnym, a bagatelizowanym przez poszukiwaczy oszczędności, problemem przy doborze filtrów powietrza jest ich opór dla zasysanego medium. Jego zwiększenie powoduje spadek sprawności sprężarki. Nic nie zaoszczędzimy na złym zamienniku. Jeśli nie zniszczy przedwcześnie sprężarki, to „zemści się” w opłacie za energię! Tyle pokrótce o filtrach powietrza.

Tak modny ostatnio audyt zewnętrzny ma wskazać sposoby redukcji kosztów. Oczywiście pod lupę idą także sprężarki. Że energooszczędne – dobrze, że zmiennobrotowe – dobrze, materiały eksploatacyjne (firmowe filtry, separatory) – dopuszczalnie. Natomiast olej (stosowany syntetyk) to zdaniem „ekspertów” audytu rozbój w biały dzień. W zaleceniach nakazują zmianę na inny – mineralny dla sprężarek tłokowych do pracy w lekkich i średnich warunkach eksploatacji.

Najtańszy pod hasłem „oleje sprężarkowe”. Oczywiście w bardzo mądrze napisanym raporcie wyliczają korzyści fi-

nansowe takiego kroku i biorą za to nie-
złe wynagrodzenie. Nie biorą za wygenerowany absurd techniczny żadnej odpowiedzialności. Tylko dzięki zdrowemu rozsądkowi inżynierów utrzymania ruchu to zalecenie nie zostało wprowadzone. Inny przykład: konsultant techniczny producenta olejów namówił użytkowników na zmianę tego płynu z wyspecyfikowanego przez producenta na – jego zdaniem – lepszy i tańszy o 20 zł na 200-litrowej beczce. W efekcie „zamiennik” w temperaturze pracy sprężarki zaczął odkładać osady (lako-
wać). Po kilku tysiącach godzin pracy do wymiany było dynamiczne (labiryntowe) i wargowe uszczelnienie wału sprężarki. Niby zestaw części tani, ale całkowicie niepotrzebny przestój i koszty wykonanej naprawy. A mogło być znacznie gorzej. Gdy wprowadzaliśmy markę WITTIG na polski rynek, odwiedziło nas wielu dostawców olejów dobrych firm, ale i wielu „bezmarkowych wynalazków”. Przekonywało do swoich jedynych, najlepszych, najkorzystniejszych produktów. Nasza odpowiedź była zawsze jedna – prosimy o certyfikat firmy WITTIG na dany produkt. Tu rozmowy zazwyczaj się kończyły! Tyle pokrótce o olejach.

Zamiast zakończenia

Problem „zamienników” w przypadku sprężarek WITTIG ma charakter marginalny. Przedstawione sytuacje wybrano ze względu na ich spektakularność, jako dosyć ekstremalną, ale doskonałą ilustrację zjawiska. Nie piętnujemy tutaj rzetelnie podanych wiadomości technicznych dobrych producentów materiałów eksploatacyjnych, choć takich w życiu zawodowym spotkamy niestety niewiele. Walczymy z chęcią sprzedania za każdą cenę, bez jakiegokolwiek odpowiedzialności za skutki. Walczymy z brakiem podstawowej wiedzy technicznej u wielu „konsultantów techniczno-handlowych”, znakomicie nadrabianej technikami manipulowania klientem. Walczymy o zwykłą odpowiedzialność, uczciwość i zgodę z inżynierskim sumieniem. Czy nam się to udaje? Niech za odpowiedź posłuży fakt, że podczas fali upałów w Polsce ani jedna sprężarka WITTIG i GNUTTI, które obsługujemy, nie wymagała interwencji serwisu z powodu nadmiernej temperatury czy innych awarii. Opisane w artykule zdarzenia stanowią dowód na to, że nawet najlepsze urządzenia techniczne mogą być szybko doprowadzone przez niepoważnego użytkowni-



Fot. 5 Porysowana powierzchnia topatki w konsekwencji zastosowania taniego filtra powietrza wlotowego o złych parametrach

ka do stanu destrukcji. Przedstawiając nasze oferty handlowe, rzetelnie informujemy o kosztach eksploatacyjnych (oprócz kosztów energii elektrycznej), zwracając szczególną uwagę na oryginalne części zamienne. Podane przez



Fot. 6 Zniszczona gładź cylindra przez twarde zanieczyszczenia, które przepuścił nieodpowiedni filtr powietrza

nas koszty winny znaleźć się w budżecie każdego użytkownika na długie lata eksploatacji sprężarek WITTIG. Jeśli jest to respektowane, w sposób świadomy zapobiegamy sytuacjom, które wyniknęły z powodu „próby cięcia kosztów” czy też „niezrozumiałych ambicji” bycia lepszym od producenta.

Żadne z doskonale dopracowanych urządzeń technicznych nie zasługuje na eksperymentalne traktowanie. Jesteśmy otwarci na przyjmowanie wszelkich uwag i sugestii naszych klientów.

Zapewniamy, że każda informacja lub pytanie jest bardzo poważnie przez nas i producenta traktowane. Poziom naszej wiedzy pozwala na zapewnienie przewidywalnej, niezawodnej pracy sprężarek WITTIG przez długie lata, potwierdzone gwarancjami producenta, oczywiście przy spełnionych warunkach serwisowych i eksploatacyjnych.

In-Tech

Andrzej M. Araszkiewicz

Lucjan Graczyk

dokumentacja fotograficzna

Wojciech Kwaśnicki

www.intech.waw.pl

Chłodniczy osuszacz sprężonego powietrza Boreas Variopulse

Sprężone powietrze jest jednym z podstawowych rodzajów energii napędowej i procesowej używanej we wszystkich procesach przemysłowych i zakładach produkcyjnych. Musi być ono suche, pozbawione oleju i czyste, co pozwala uniknąć kosztownych przesto-
jów w produkcji.

Sprężone powietrze powstaje w wyniku sprężania powietrza zasysanego do sprężarki. Zazwyczaj zawiera ono różnorodne substancje pochodzące z zanieczyszczonego środowiska oraz cząsteczki brudu. Zawsze zawiera też wilgoć w postaci pary wodnej, która skrapla się samoistnie w sprężonym powietrzu, często będąc przyczyną przerywania procesów produkcyjnych, a tym samym znaczących strat ekonomicznych. Tych strat można uniknąć dzięki wcześniejszemu procesowi uzdatniania sprężonego powietrza obejmującemu filtrację i osuszanie.

Firma Donaldson oferuje do tego celu urządzenia ultrafilter o utwierdzonej renomie.

Jednym z nich jest osuszacz Boreas. Sprężone powietrze, które ma być uzdatnione, jest wprowadzane do osuszacza chłodniczego i wstępnie schładzane w wymienniku ciepła typu powietrze – powietrze. Takie wstępne schłodzenie odbywa się przeciwpłądowo względem odprowadzanego zimnego sprężonego powietrza, a więc bez doprowadzania dodatkowej energii. Następnie powietrze jest dochładzane do poziomu ciśnieniowego punktu rosy. Odbywa się to w wymienniku ciepła typu czynnik chłodniczy – powietrze z obiegiem czynnika chłodniczego. Podczas całego procesu schładzania ze sprężonego powietrza wytrąca się wilgoć w postaci kondensatu, który jest automatycznie odprowadzany przez dren. Następnie uzdatnione sprężone powietrze jest podgrzewane w wymienniku ciepła powietrze – powietrze, przez który prze-

plywa ciepłe sprężone powietrze wprowadzane do osuszacza.

Variopulse: lider technologii systemów sterowania osuszaczy

Sterownik mikroprocesorowy stale przetwarza parametry robocze, tj. temperaturę chłodzenia, ciśnienie w układzie czynnika chłodniczego, temperaturę otoczenia, oraz parametry specyficzne dla osuszacza i na ich podstawie oblicza aktualny stan roboczy. W zależności od zapotrzebowania na osuszone sprężone powietrze sterownik Variopulse steruje wydajnością skraplacza oraz sprężarki przy wykorzystaniu przemiennika częstotliwości, ewentualnie sterując ciśnieniem ssania. Gdy zapotrzebowanie na osuszone sprężone powietrze jest bardzo niskie, sprężarka chłodnicza może być nawet okresowo wyłączana. Wymien-
nik ciepła, działając jako akumulator ciepła, umożliwia szybkie reagowanie na zmieniające się zapotrzebowanie i zapobiega dużym wahaniom punktu rosy. Dzięki temu utrzymywany jest stały ciśnieniowy punkt rosy dokładnie na poziomie +3°C.

Przemiennik częstotliwości albo sterowanie ciśnieniem – dwa sposoby na oszczędność energii

W osuszaczach Boreas Variopulse od DV 1800 AP do DV 2800 AP (liczba oznacza wydajność w m³/godz.) regulowana jest wydajność obiegu czynnika chłodniczego w warunkach częściowego obciążenia poprzez sterowanie ciśnieniem ssania. Przewód ssący



Rys. 1 Oszczędności w kosztach energii przewyższają koszty inwestycji w bardzo krótkim czasie



Fot. 1 Osuszacz DV 1800 AP

sprężarki chłodniczej jest zamykany w taki sposób, by tylko niewielka część czynnika chłodniczego przepływała przez obejście do sprężarki. Dzięki temu sprężana jest mniejsza ilość czynnika chłodniczego niż przy obciążeniu szczytowym, co oznacza, że zużywa się znacznie mniej energii. W osuszaczach Boreas Variopulse o wydajności od DV 3500 AP do DV 28500 WP do sterowania wydajnością używany jest przemiennik częstotliwości. W sposób ciągły reguluje on prędkość jednej ze sprężarek chłodniczych. Dzięki zastosowaniu tych dwóch koncepcji sterowania oraz sterownika Variopulse zużycie energii spada liniowo proporcjonalnie do obciążenia osuszacza – aż o 90% przy obciążeniu zerowym. Dzięki temu uzyskuje się wyjątkowo niskie zużycie energii przy obciążeniach zerowych, niepełnych oraz szczytowych.

Wyświetlacz wielofunkcyjny

- Aktualna wartość ciśnieniowego punktu rosy
- Tryb pracy normalny / letni / automatyczny
- Zużycie energii w stosunku do całkowitego okresu użytkowania
- Komunikaty alarmowe

- Historia alarmów
- Termin kolejnego przeglądu konserwacyjnego
- Czas pracy
- Stan pracy drena kondensatu
- Stan sprężarki chłodniczej (załączona/wyłączona)
- Bieżące zużycie energii



- Właściwości i zalety**
- Sterownik Variopulse jako standardowe wyposażenie
 - Stałe podświetlony wyświetlacz wielofunkcyjny
 - Stały ciśnieniowy punkt rosy bez dużych wahań
 - Pobór mocy zależny od obciążenia, redukcja nawet do 90% w stosunku do nominalnego poboru
 - Aluminiowy wymiennik ciepła
 - Dren kondensatu ultramat UFM-T100 sterowany poziomem
 - Interfejs CAN-BUS do zdalnego monitorowania oraz odczytu danych przy użyciu laptopa jako standardowe wyposażenie
 - Wybór jednostki temperatury na wyświetlaczu: °C albo °F
 - Bocznik gorącego gazu bez strat energii
 - Wysoka nadmiarowa sprawność cieplna dzięki zastosowaniu przyjaznego dla środowiska czynnika chłodniczego R-134a

Aluminiowy wymiennik ciepła

- Doskonale zwymiarowane wymienniki ciepła powietrze – powietrze oraz czynnik chłodniczy – powietrze o wysokiej sprawności
- Wbudowany system oddzielania kondensatu
- Odporność na zanieczyszczenia dzięki doskonale zwymiarowanym kanałom przepływu
- Mała różnica ciśnień powietrza
- Odporność na korozję dzięki zastosowaniu aluminium w specjalnych procesach produkcyjnych, wypróbowanego i sprawdzonego w ciągu kilkudziesięciu lat

Zastosowanie czynnika chłodniczego R-134a

Podobnie jak we wszystkich innych osuszaczach chłodniczych sprężonego powietrza firmy Donaldson, w osuszaczach typoszeregu Boreas Variopulse standardowo używany jest czynnik chłodniczy R-134a. Na ten czynnik chłodniczy – mający potencjał niszczenia ozonu równy 0 – mniej niekorzystnie oddziałują wysokie temperatury otoczenia niż na inne, powszechnie używane czynniki chłodnicze. Prowadzi to do znacznego ograniczenia awaryjności urządzenia.

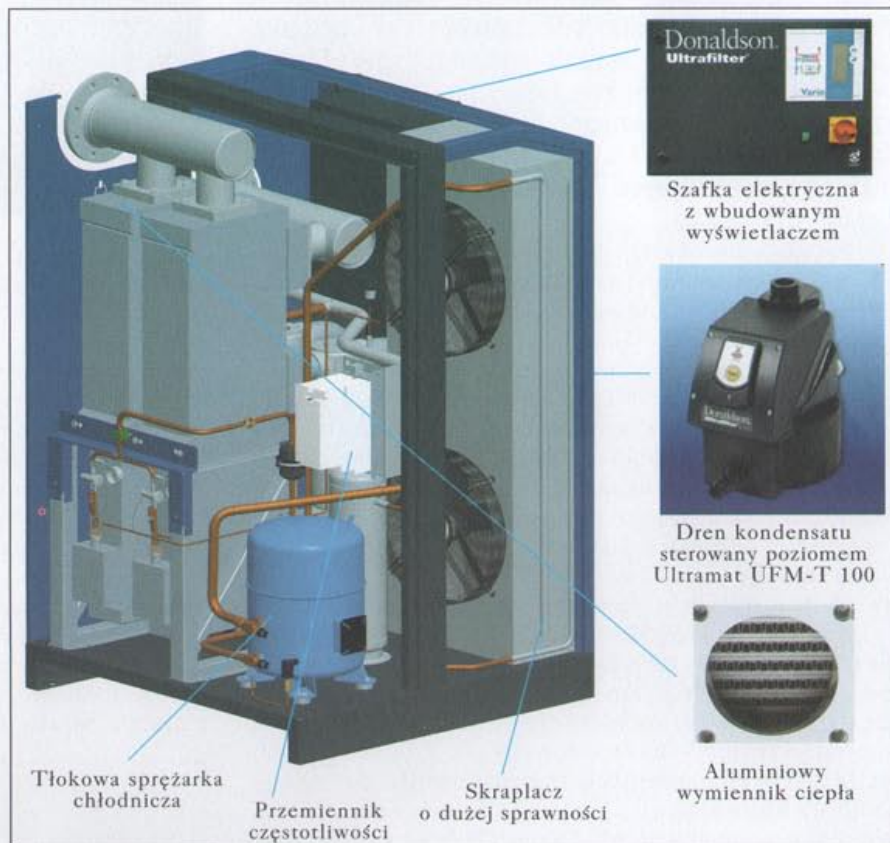
Tłokowa sprężarka chłodnicza

Zastosowanie w osuszaczach Boreas Variopulse sprężarek tłokowych w zakresie dopuszczalnych temperatur czynnika chłodzącego od +2 do +50°C (powietrze atmosferyczne albo woda chłodząca) jest znacznie korzystniejsze w porównaniu z powszechnie używanymi sprężarkami spiralnymi. Ze względu na swoją konstrukcję sprężarki spiralne pracują z optymalną wydajnością wyłącznie w wąskim zakresie roboczym. W przeciwieństwie do nich,

DV 3500 AP do 28500 WP). W mniejszych chłodniczych osuszaczach sprężonego powietrza (o wydajności od DV 1800 do 2800 AP) wydajnością nie steruje przemiennik częstotliwości, lecz zawór elektromagnetyczny zainstalowany w układzie sterowania ciśnieniem ssania.

Dren kondensatu sterowany poziomem ultramat UFM-T 100

Wszystkie chłodnicze osuszacze sprężonego powietrza typoszeregu Boreas Variopulse są wyposażone



Fot. 2 Osuszacz DV 5500 AP

sprężarki tłokowe osiągają bardzo dobre wydajności w znacznie szerszym zakresie. Dzięki temu w porównaniu ze sprężarkami spiralnymi uzyskuje się punkt rosy na niższym poziomie w warunkach przeciążeń oraz mniejsze zużycie energii w warunkach obciążenia niepełnych.

Szafka elektryczna z wbudowanym wyświetlaczem

Kompaktowa szafka elektryczna z elementami sterującymi wyprowadzonymi na panel czołowy, na stałe podświetlony wyświetlacz prezentujący wszystkie niezbędne informacje.

Przebiegienniki częstotliwości

Przebiegiennik częstotliwości używany do sterowania wydajnością reguluje prędkość sprężarki chłodniczej (dotyczy to osuszaczy o wydajności od

w sterowany poziomem dren kondensatu UFM-T100. Takie rozwiązanie w pełni zabezpiecza przed stratami sprężonego powietrza.

Skraplacze o dużej sprawności

Cały typoszereg osuszaczy Boreas Variopulse jest dostępny w wersjach ze skraplaczami płytowymi z chłodzeniem wodnym albo skraplaczami z chłodzeniem powietrznym.

Obieg czynnika chłodniczego

Obieg czynnika chłodniczego odbywa się głównie w rurkach miedzianych wysokiej jakości. W miejscach, w których występują drgania, używane są rurki ze stali nierdzewnej, aby zagwarantować długi czas użytkowania produktu.

Artykuł promocyjny

Donaldson Polska Sp. z o.o.

Transair – jakość, oszczędność, estetyka

Rafał Tadeusz Kabziński

Transair® jest systemem francuskiej firmy Legris, która swoim patentem z roku 1969 zapoczątkowała w przemyśle erę szybkozłącz. Od tego momentu Legris specjalizuje się i udoskonala technologię złączy przemysłowych dla wszelkiego rodzaju mediów. Na dzień dzisiejszy, jako lider światowy, Legris dysponuje najszerszą gamą produktów, co powoduje, że potrafi wyprodukować nawet najbardziej wyrafinowaną złączkę.

By bezpośrednio i szybko odpowiadać na potrzeby rynku, Legris w marcu tego roku otworzył filię w Polsce. Do tej pory Legris Transair utożsamiany był kraju z jego oficjalnym dystrybutorem, firmą ARA Pneumatik z Wrocławia (która nadal pełni tę rolę). Transair powstał w 1995 roku w wyniku odpowiedzi firmy na zapytania klientów o jakościowo dobrą, szybką w montażu, elastyczną i estetyczną instalację wewnętrzną w budynkach przemysłowych. Było to swojego rodzaju wyzwanie, na które firma odpowiedziała stworzeniem działu Transair, który zajmuje się dziś wyłącznie projektami przemysłowymi dla instalacji powietrznych, ale i wody lodowej.

Transair® dla gazów neutralnych i sprężonego powietrza do 16 barów jest instalacją wykonaną z rur aluminiowych w średnicach od 16,5 mm do 100 mm, łączoną szybkozłączami, lakierowaną na niebiesko. To z powodu jakości rozwiązań i estetyki jest traktowany jak „Mercedes” w instalacjach pneumatycznych, i jak to określił jeden z krajowych użytkowników: „Transair wybierany jest, by wejść w wyższą jakość produkcji”. Pamiętajmy, że sprężone po-



Fot. 1 Transair jako moduł wewnątrz maszyny



Fot. 2 Transair jest odporny na oleje sprężarki

wietrze jest energią drogą, więc wymaga instalacji przesyłającej tę energię w najbardziej efektywny sposób.

Bezsprzeczną zaletą instalacji Transair® jest jej lekkość i elastyczność, czyli możliwość rozbudowy lub demontażu w każdej sytuacji. Nie ma więc potrzeby przewymiarowywać instalacji wykonanej z rur metalowych spawanych czy skręcanych, prowadząc ją po bokach ścian hali produkcyjnej, z upustami co 3 metry, w rurach dwa razy grubszych, niż potrzeba. To przecież wiąże się z kosztami materiału i robocizną. Z naszą instalacją ograniczamy się do miejsc, gdzie sprężone powietrze jest rzeczywiście potrzebne i tam robimy upust szybkozłączem, wwiercając się w rurę aluminiową. W ten sposób redukujemy koszty materiałowe i czas montażu do niezbędnego minimum. Ogranicza to również koszty związane z utrzymaniem ruchu i użytkowaniem instalacji.



Fot. 3 Energooszczędna sprężarkownia

Na świecie instalację Transair® docenili już nie tylko klienci, ale i producenci najlepszych jakościowo sprężarek, jak na przykład Kaeser Kompressoren, z którym współpracujemy również w Polsce. Dobra sprężarka powinna być włączona jeden raz i stale pracować; dobra instalacja powinna odpowiadać na zmieniające się wciąż wymagania i modyfikację produkcji. To instalacja powinna służyć nam, a nie my instalacji.



Fot. 4 a) Transair w rurach ze stali nierdzewnej ϕ 100 mm,
b) zdalnie sterowany zawór odcinający powietrze

Specyfikacja techniczna

Średnica zewnętrzna rur aluminiowych:
16,5 mm, 25 mm, 40 mm, 63 mm, 76 mm, 100 mm.
Temperatura i ciśnienie robocze:
13 bar od -20° C do +60° C
16 bar od -20° C do +45° C
Media:
powietrze sprężone,
próżnia (13 mbar, 98,7%),
gazy neutralne (dwutlenek węgla, azot, inne po konsultacji).

Odporność na:

korozję, UV, szok mechaniczny, zmiany temperatury, oleje sprężarki.

Bezpieczeństwo:

materiał całkowicie niepalny,
w 100% nadający się do recyklingu,
10 lat gwarancji na system.

Serwis Transair

Po dostarczeniu planu budynku, rozstawieniu maszyn i poborów powietrza, oferujemy:

- bezpłatne oszacowanie kosztów instalacji i czasu montażu,
- katalog i instrukcję dla instalatora oraz – jeśli potrzeba – szkolenia instalatorów,
- bezpłatną konsultację w ramach doboru technologii, doradztwo,
- pomoc w projektowaniu dla biur projektowych oraz prze-projektowaniu dla instalatorów i klientów końcowych.

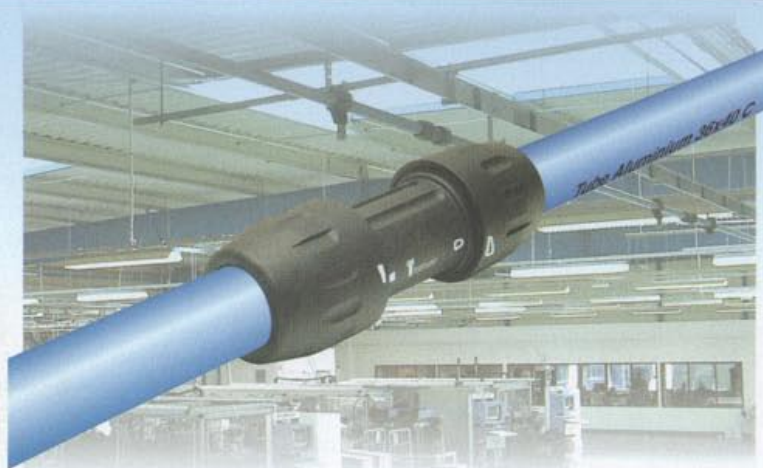
Artykuł promocyjny

Legris Poland Sp. z o.o.

Rafał Tadeusz Kabziński

Transair Manager, Polska

www.legris.pl, www.transair.legris.com



ARA
PNEUMATIK
Transair®



DOSTĘPNE ŚREDNICE RUR 16.5, 25, 40, 63, 76, 100 mm

BŁYSKAWICZNY MONTAŻ

LEKKIE RURY ALUMINIOWE

PROSTE ŁĄCZENIE SYSTEMEM WTYKOWYM

BEZ SPAWANIA I KLEJENIA

ODPORNY NA KOROZJĘ I ZANIECZYSZCZENIA

OGNIOODPORNY

CERTYFIKAT ISO 9001 I QUALICOAT

PROFESJONALNE WSPARCIE PROJEKTOWE ARA PNEUMATIK

ul. Wyścigowa 38

53-012 Wrocław

tel. 071 364 72 82, fax 071 364 72 83

e-mail: ara@arapneumatik.pl

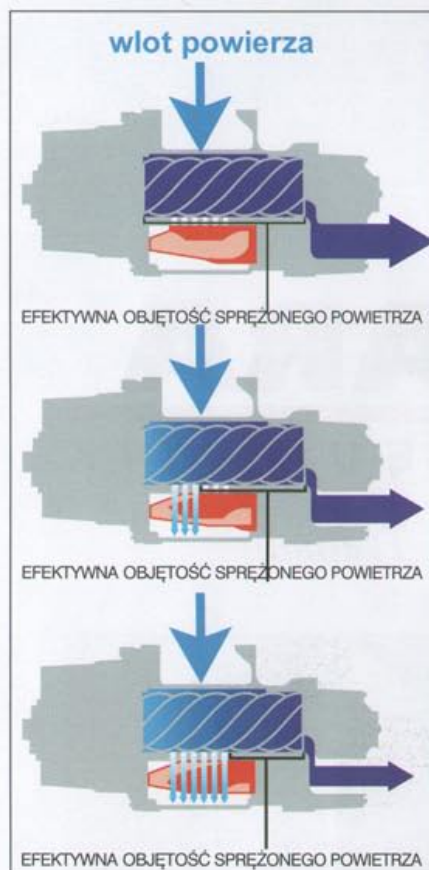
www.arapneumatik.pl

DYSTRYBUTOR SIECI SPRĘŻONEGO POWIERZA *Transair*

Co decyduje o wyjątkowości firmy Sullair?

Air One to gama sprężarek o bezpośrednim napędzie oferującym najdłuższą gwarancję na rynku w standardzie pośród sprężarek śrubowych.

Sullair był pierwszym producentem sprężarek śrubowych na świecie, który zaoferował 10-letnią gwarancję na zespoły sprężające z użyciem oleju 24KT.



Zawór spiralny to układ mechaniczny pozwalający na regulację strumienia powietrza zgodnie z wymaganą przez sieć ilością wyjściową. Częściowe lub całkowite otwarcie kanału przelotowego spiralnego zaworu oznacza natychmiastowe dostosowanie długości czynnej zespołu sprężającego. Ilość sprężonego powietrza jest zatem natychmiastowo dostosowywana do przepływu wymaganego przez sieć.



Fot. 1 Sprężarka Air One

Co decyduje o wyjątkowości firmy Sullair? Są to innowacje...

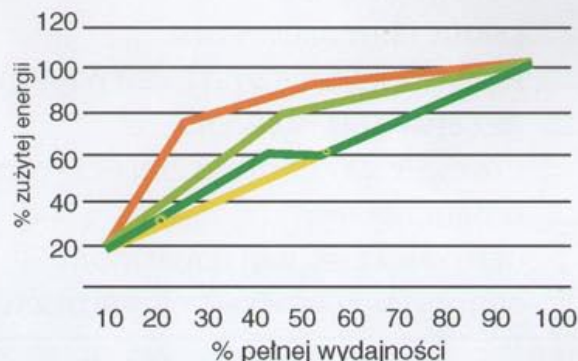
Zawór spiralny – wyjątkowy element sprężarek Sullair

Zabotrowanie na sprężone powietrze w sieci często ulega znacznym wahaniom. Sprężarki są często wyposażone w system regulacji wydajności umożliwiające optymalizację kosztów sprężonego powietrza.

Sullair oferuje unikalny zawór spiralny ograniczający koszty sprężonego powietrza. Zawór spiralny Sullair jest najprostszym systemem regulacji o najlepszej jakości w kosztowności.

Może zapewnić dodatkową oszczędność energii do 17%! Zawór spiralny jest elementem opcjonalnym w urządzeniach o mocy 90 i 110 kW, ale w przypadku maszyn 132 i 160 kW z asortymentu produktów Air One stanowi część standardowego wyposażenia.

- obciążenie/brak obciążenia (teoretyczne)
- obciążenie/brak obciążenia (rzeczywiste)
- modulacja
- zawór spiralny Sullair



Cechy	Zalety
Szybka reakcja na zmiany	• Stałe i stabilne ciśnienie wejściowe • Ograniczenie kosztów energii przy niższej ilości wyjściowej powietrza od nominalnej • Zmniejszone zużycie eksploatacyjne w porównaniu ze stałe zmieniającym się obciążeniem łożysk wywołanym przez sterowanie typu obciążenie/brak obciążenia lub zmiennoobrotowym
Prosty system mechaniczny	• Prosta regulacja pneumatyczna • Skrócony czas ustawiania urządzenia i konserwacji
Praca silnika i zespołu sprężającego ze stałą, nominalną prędkością	• Optymalna sprawność silnika i zespołu sprężającego • Przedłużona żywotność podzespołów

Inwestycje dokonywane przez naszych klientów wspiera zespół ekspertów doświadczonych w dziedzinie sprężarek powietrza.

Firma Sullair jako pierwsza w Europie zaoferowała 5-letnią gwarancję w standardzie na wszystkie podzespoły sprężarek.

Obecnie Sullair oferuje 10-letnią

gwarancję na zespół sprężający i 5-letnią gwarancję na pozostałe podzespoły urządzeń z asortymentu Air One. Wszystko to jest możliwe dzięki jakości oleju smarującego SULLUBE sprzedawanego wyłącznie przez firmę Sullair oraz doświadczeniu i technologii, której jakość została udowodniona podczas 50-letniej działalności. Zastosowanie pro-

gramu profilaktycznej konserwacji oraz ogólne warunki umów gwarancyjnych oferowane przez sieć dystrybutorów firmy Sullair (10 lat gwarancji na zespoły sprężające i 5 lat na pozostałe części) zapewniają niezawodne monitorowanie działania każdego urządzenia.

Artykuł promocyjny
Sullair Europe

PHU TOMPRESS
ul. Wojkowska 21
41-250 Czeladź
tel./fax 032 763 71 42
032 765 01 10
e-mail: biuro@tompres.iq.pl

Multi-Mac Sp. z o.o.
ul. Traktorowa 128
(budynek But-S, I piętro)
91-204 Łódź
tel.: 42 612 19 72
fax: 42 612 19 73
e-mail: kontakt@multi-mac.pl



Zwijacz węża serii 882

Dostępny w zakresie:
- 6 mm (1/4") do 10 mm (3/8")
- dł. węża 6 m - 12 m

Zwijacz węża serii 884

Przeznaczony dla ciężkich lub długich węży.
Dostępny w zakresie:
- 12,5 mm (1/2") do 25 mm (1")
- dł. węża 10 m - 30 m



Nederman

IMPROVING YOUR WORKSPACE



Zwijacz węża serii 889

Dostępny w zakresie:
- 10 mm (3/8")
do 12,5 mm (1/2")
- dł. węża 10 m - 20 m



Nederman

Nederman Polska Sp. z o.o.
40-384 Katowice, ul. Ks. Bpa Bednorza 2a-6
tel. (032) 201 97 92; fax (032) 201 83 24
e-mail: info@nederman.pl; www.nederman.pl

Porównanie sprężarek odśrodkowych ze śrubowymi zmiennieobrotowymi

Zalety napędu zmiennieobrotowego sprężarek śrubowych nie budzą wątpliwości. W ofercie Ingersoll Rand dostępne są sprężarki zmiennieobrotowe o doskonałych właściwościach eksploatacyjnych. Jedną z nich – Nirvana bezolejowa – była opisywana m.in. w „Pneumatyce” 2(57)2006. Kolejną grupą sprężarek oferowanych przez Ingersoll Rand są sprężarki odśrodkowe CENTAC, które mają swoją ugruntowaną pozycję w zastosowaniach przemysłowych, zwłaszcza w zakresie dużych wydajności. Stały postęp w ich konstrukcji i sterowaniu sprawia, że pod względem efektywności mogą one konkurować z najnowszymi rozwiązaniami sprężarek śrubowych.

Rozważając efektywność wytwarzania sprężonego powietrza za pomocą sprężarek odśrodkowych, chcielibyśmy odnieść się do artykułu zatytułowanego „Rezultaty przekraczają oczekiwania” opublikowanego w lipcu 2005 r. w słowackim czasopiśmie „Strojarsstvo”, dotyczącego instalacji sprężarek Atlas Copco VSD. W artykule tym zostało „przeoczonych” kilka aspektów, które są ważne przy porównaniu ze sprężarkami odśrodkowymi.

Porównanie zostało przeprowadzone pomiędzy najnowszymi maszynami zmiennieobrotowymi a ośmioletnimi sprężarkami CENTAC, utrzymywanymi w „wątpliwych” warunkach (nie przez Autoryzowany Serwis Ingersoll Rand).

Ma to znaczenie, gdyż elementy sprężające w sprężarkach śrubowych bezolejowych są podatne na przedwczesne zużycie, powodujące spadek sprawności sprężarki po kilku tysiącach godzin pracy. Spadek wydajności rzędu 10–15% w tego typu sprężar-



Fot. 1 Sprężarka odśrodkowa CENTAC C 700

kach może być zmierzony już po jednym roku eksploatacji, podczas gdy prawidłowo konserwowane sprężarki odśrodkowe mają prawie niezmiennie parametry przez wiele lat.

Na rys. 1 porównano moc specyficzną¹ (zwaną dalej SPP) przy ciśnieniu 8,5 bara (g) różnych (nowych) sprężarek bezolejowych: śrubowej VSD mocy 900 kW (linia czerwona), tradycyjnej sprężarki stałobrotowej (szara) i dwóch różnych grup sprężarek odśrodkowych CENTAC (niebieska i zielona). Dla lepszego zaprezentowania różnic moce specyficzne przedstawiono w odniesieniu do SPP sprężarki CENTAC C700 (700 kW) o wydajności 100 m³/min, pokazywanej przez Ingersoll Rand między innymi na targach w Hanowerze. Pierwszą rzeczą, jaką można zauważyć, jeżeli chodzi o SPP, jest olbrzymia różnica (od 15% do 20%) pomiędzy obiema technologiami w pokazanym zakresie wydajności (60–140 m³/min). Punkty linii szarej, niebieskiej i zielonej przedstawiają SPP przy pełnym obciążeniu różnych modeli danej grupy, zaś linia czerwona przedstawia SPP jednostki VSD w całym zakresie pracy.

SPP przy częściowych obciążeniach są pokazane na rys. 2 w odniesieniu do sprężarki CENTAC C700 (100 m³/min). Obciążenia częściowe sprężarek stałobrotowych dotyczą regulacji dociążenie/odciążenie, a dla sprężarek CENTAC regulacji „Autodual” i „Modulate”². Wybrano sprężarki CENTAC odpowiednie do pracy ze zmiennymi obciążeniami, czyli z dużym zakresem dławienia³. Na wykresie tym widać, że sprężarka CENTAC ma korzystniejszą moc specyficzną w szerokim zakresie pracy (nawet z zastosowaniem regulacji – zwłaszcza regulacji „Autodual”) niż sprężarka śrubowa VSD.

W tabeli 1 zestawiono roczne zużycie energii dla wymienionych typów sprężarek, przy założeniu 6000 godzin pracy na rok i cenie energii 0,07 euro/kWh dla następujących trybów pracy:

- 100% czasu (6000 godzin) przy pełnym obciążeniu (104 m³/min)
- 100% czasu przy 75% pełnego obciążenia
- 100% czasu przy 50% pełnego obciążenia
- 50% czasu przy pełnym obciążeniu, 25% czasu przy obciążeniu 75%

i 25% czasu przy 50% obciążenia
e) 33% czasu przy pełnym obciążeniu,
33% przy obciążeniu 75% i 33%
przy obciążeniu 50%.

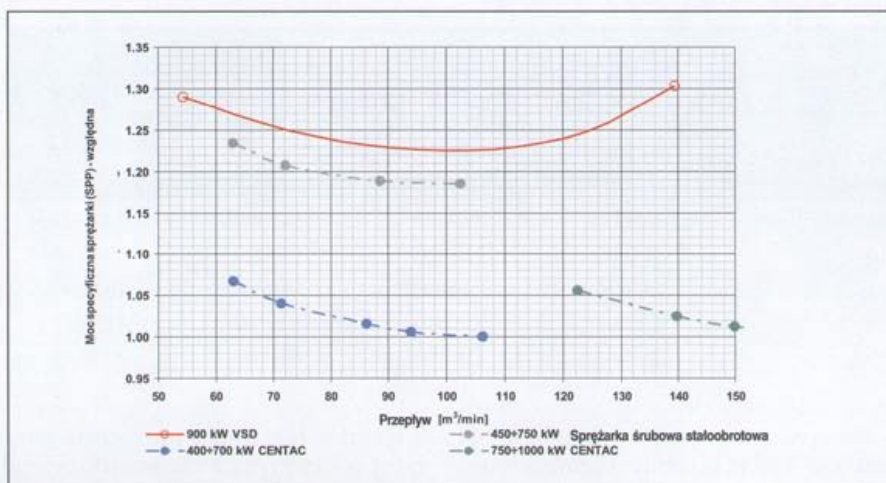
Jak łatwo zauważyć w tej tabeli, tylko w trybie 100% czasu pracy przy 50% obciążeniu sprężarka śrubowa VSD jest bardziej efektywna niż stałobrotowa i odśrodkowa z regulacją „Modulate”. W takich warunkach dla maszyny odśrodkowej potrzebna byłaby regulacja „Autodual” oraz zbiornik wyrównawczy o odpowiednio dobranej pojemności. Jeżeli jednak spodziewana jest praca przez dłuższy czas przy połowie zapotrzebowania, to czy na pewno system został wybrany prawidłowo?

Przy wszystkich pozostałych trybach pracy sprężarka odśrodkowa jest dużo bardziej energooszczędna niż śrubowa VSD, nawet w takich warunkach, gdy zapotrzebowanie na powietrze jest niskie.

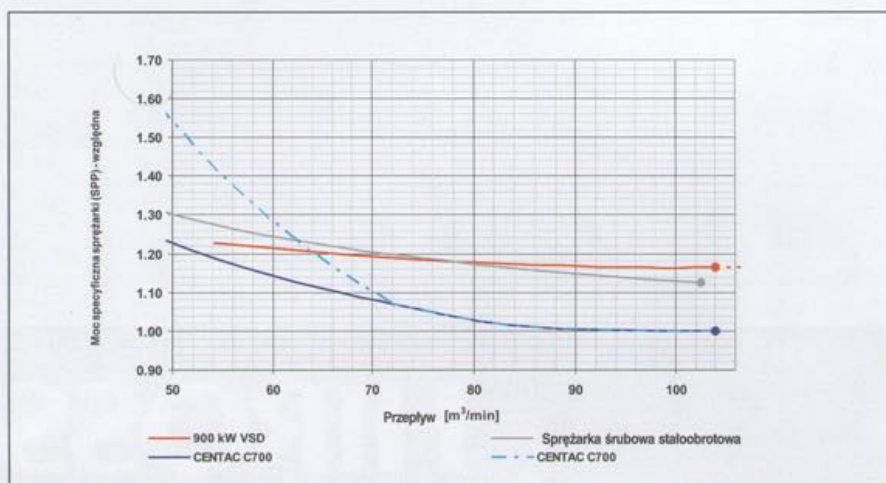
W powyższym porównaniu nie wzięto pod uwagę kosztu wymiany stopnia sprężającego w sprężarce śrubowej. W standardowych warunkach wymiana stopnia powinna nastąpić po 4–5 latach eksploatacji, a jej koszt jest szacowany na 40–50% ceny zakupu nowej sprężarki. Można więc mówić o dodatkowych oszczędnościach przy korzystaniu z technologii odśrodkowej. Jest to z pewnością powód, dla którego Atlas Copco również oferuje sprężarki odśrodkowe w tym samym zakresie wydajności.

¹ Międzynarodowe standardy rozróżniają „specyficzne zapotrzebowanie na energię stopnia sprężającego” („specific energy requirements of bare compressor”), od specyficznego zapotrzebowania na „energię kompletnej sprężarki” („specific energy requirements of a packaged compressor”). Pierwsze jest definiowane jako moc (hamownicza) na wale przypadająca na jednostkową wartość przepływu, tzn. moc wejściowa mierzona na wale stopnia sprężającego, zaś drugie, oznaczane skrótowo jako SPP, jest definiowane jako moc elektryczna pobierana przez całą sprężarkę.

Jeżeli z jednej strony moc hamownicza może być właściwym miernikiem dla producenta sprężarek w celu wyznaczenia sprawności elementu sprężającego, to z drugiej strony, z punktu widzenia użytkownika, bardziej miarodajna jest moc całej sprężarki, uwzględniająca także spraw-



Rys. 1 Porównanie sprężarek śrubowych z grupami modeli sprężarek odśrodkowych



Rys. 2 Porównanie sprężarek śrubowych z odśrodkowymi z różnymi rodzajami sterowania

ność silnika i wszystkie elementy całego układu (przetwornik częstotliwości, transformatory itp.), które wprowadzają dodatkowe straty.

² Sterowanie „Modulate” jest sposobem regulacji polegającym na modulowaniu zaworu wlotowego i w ten sposób dławieniu przepływu w zakresie dopuszczalnym dla danej sprężarki. Kiedy zapotrzebowanie na powietrze jest mniejsze niż minimalny dopuszczalny zdławiony przepływ, ciśnienie na wylocie jest regulowane przez modulację zaworu obejścia pozwalającą na upuszczanie nadmiaru powietrza do atmosfery. To sterowanie pozwala na utrzymywanie stałego ciśnienia na wylocie przy zmiennej wydajności w zakresie od maksymalnej do zera.

Przy sterowaniu „Autodual” stałe ciśnienie jest utrzymywane w taki sam sposób, jak przy „Modulate”, je-

żeli zapotrzebowanie na powietrze mieści się w zakresie regulacji dławieniem. Kiedy zapotrzebowanie spada poniżej tego zakresu, system „Autodual” automatycznie odciąża maszynę do czasu, kiedy może ona być ponownie dociążona.

³ Zakres dławienia sprężarki odśrodkowej oznacza możliwość redukcji strumienia podawanego powietrza przez dławienie na zaworze wlotowym w zakresie statecznej pracy sprężarki. Dla danej sprężarki im większy jest zakres dławienia, tym niższa jest sprawność przy pełnym obciążeniu.

⁴ Pełny audyt systemu sprężonego powietrza daje miarodajny obraz pracy całego systemu w wybranym czasie przez uwzględnienie wszystkich procesów wytwarzania i przesyłania sprężonego powietrza.

Tabela 1 Porównanie kosztów energii

Tryb pracy (opis w tekście)	Roczne koszty energii [euro] typ sprężarki			
	750 kW śrubowa, stałobrotowa bezolejowa	900 kW VSD śrubowa bezolejowa	bezolejowa CENTAC C700 Autodual	bezolejowa C700CENTAC Modulate
a)	268000	281000	242000	242000
b)	211000	214000	194000	194000
c)	155000	154000	147000	181000
d)	225000	233000	206000	215000
e)	211000	216000	194000	205000

Powyższe pięć trybów eksploatacji jest oczywiście przybliżeniem pozwalającym szacować koszty energii elektrycznej utrzymania w ruchu jednej

sprężarki. Jeżeli jest potrzebne bardziej precyzyjne i skomplikowane wyliczenie (zwłaszcza w systemie wielosprężarkowym), zalecane jest

najpierw przeprowadzenie pełnego audytu systemu⁴. Oprócz tego, użytkownikowi, u którego zapotrzebowanie na sprężone powietrze może być bardzo zmienne, Ingersoll Rand oferuje sterowniki systemu sprężonego powietrza, które monitorują i sterują całościowo system tak, by przydzielać pracę poszczególnym sprężarkom i by pracowała jak najmniejsza liczba sprężarek. Jest to w rzeczywistości najsukuteczniejsza metoda osiągnięcia znacznych oszczędności energii.

Artykuł promocyjny
Ingersoll-Rand
Nicola Piccardo
As-HI Marketing

HIROSS

Compressed Air Treatment
Filtry sprężonego powietrza



filtry Hyperfilter 2000
odwadniacze Hypersep
dreny kondensatu
odolejające kondensatu
chłodnice końcowe:
chłodzone wodą i powietrzem

dh Group Polska Sp. z o.o., ul. Ryżowa 87, 05-816 Opacz k/Warszawy
tel. (022) 723 03 67, fax (022) 723 03 68, e-mail: info@dhgroup.pl

Co słyszeć w Strzyżowie?

Rozmowa z Wojciechem Żelazko, prezesem zarządu Fabryki Maszyn w Strzyżowie

Czy prawdą jest, że Fabryka Maszyn, ceniony producent sprzętów, jest w upadłości i wstrzymuje produkcję?

Widzę, że pan redaktor ma nieświeże i niezupełnie prawdziwe informacje. Prawdą jest, że fabryka jest znanym producentem sprzętów od 35 lat. Faktem jest również, że przekształcenia własnościowe w firmie „zahaczyły” o postępowanie upadłościowe. Nigdy jednak, czy to będąc przedsiębiorstwem państwowym, w tym pod zarządem komisarycznym, czy w trakcie upadłości, Fabryka nie wstrzymała produkcji. Powiem więcej – za czasów syndyka zwiększyła obrót. Firmę udało się szczęśliwie „przeholować” wraz z pracownikami do spółki z ograniczoną odpowiedzialnością, która z powodzeniem się rozwija.

Alte postępowanie upadłościowe uniemożliwiało rozwój firmy. Czy Fabryka Maszyn nie jest zacofana technologicznie w stosunku do konkurencji?

Upadłość utrudniała modernizację produktu czy nowe wdrożenia, ale to nie oznacza, że je wstrzymała. W ciągu ostatnich kilku lat, także w okresie upadłości, opracowaliśmy wiele prototypów sprzętów, spełniając oczekiwania najrozmaitszych klientów. Niektóre z nich wdrożyliśmy do produkcji seryjnej, jak choćby małe sprężarki śrubowe SCS 2-08AC, SCS 3-08AC, sprężarkę na module śrubowym kompaktowym SCS 22-08AC, sprężarkę przenośną SC 25-P czy nowy typ sprężarki przewoźnej SC 100SD o wydajności 11 m³ na silniku Deutz.

Alte te sprężarki nie mają oznakowania znakiem CE.

Nieprawda. Dla wszystkich tych urządzeń dokonano osygnięć zgodności z dyrektywami UE przez jednostkę notyfikowaną w Brukseli. Każdemu klientowi możemy okazać na życzenie badania agregatu pod kątem zgodności z dyrektywą maszynową, niskonapięciową, kompatybilności elektromagnetycznej oraz hałasową, a także stosowne certyfikaty. To samo dotyczy zbiorników ciśnieniowych sprzedawanych łącznie ze sprężarkami – wszystkie posiadają certyfikat zgodności z dyrektywą ciśnieniową.

Słyszałem, że silniki elektryczne do sprężarek kupujecie w Albanii. Czy Albańczycy wystawiają stosowne dokumenty unijne?

W każdej branży istnieje konkurencja uczciwa oraz hochsztaplerzy, którzy szukają „haka” na przeciwnika. Obecnie stosujemy silniki polskie, niemieckie i holenderskie. Do Albanii jeszcze się nie zapuszczaliśmy. Ale jeżeli jakiś producent albański spełniłby wymagania jakościowe, dokumentacyjne i cenowe – kto wie? Kwalifikacja dostawców w naszej firmie dokonuje się przez gęste sito, oparte na normie ISO 9001:2000. Zresztą w tym roku czekamy na audyt odnowienia certyfikatu systemu zarządzania jakością.

A jak wygląda w fabryce kwestia marketingu? Jeszcze kilka lat temu było z tym krótko.

Tu się zgodzę. Kiedy objąłem funkcję zarządcy komisarycznego fabryki w roku 2002, dział marketingu praktycznie nie istniał. Zbyt firma zawdzięczała kilku bardzo zaangażowanym osobom, dzięki którym zresztą przetrwała ten najtrudniejszy rok. Stopniowo udało się doprowadzić do sytuacji, kiedy mamy sztab marketingowców w Strzyżowie oraz przedstawicieli handlowych w każdym województwie.

Czy nie boicie się, że coraz bardziej kurczący się rynek krajowy spowoduje zahamowanie obrotów w Waszej firmie?

Jest to pewne niebezpieczeństwo, aczkolwiek mamy tu pewną przewagę nad konkurencją, która dopiero wchodzi na rynek polski: nasz produkt jest znany i nasza marka też dobrze się kojarzy. Nie oznacza to, że nie szukamy klientów poza granicami. W tym roku możemy pochwalić się sprzedażą na Ukrainę, Słowację, do Rosji, Kazachstanu oraz Hiszpanii. W Kijowie zaczyna działać nasze przedstawicielstwo handlowe.

Czy Wasza oferta nie jest zbyt uboga? Klient oczekuje zwykle kompleksowego załatwienia inwestycji.

I my to zapewniamy: sprzedajemy wysokiej jakości osprzęt do uzdatniania powietrza, a na życzenie montujemy kompletne stacje sprężonego powietrza „pod klucz”.

Czy obsługę serwisową i remontową fabryka również gwarantuje? Jeden z Waszych klientów wyznał mi, że nie robicie tego sami, tylko zlecacie innym firmom w kraju.



Fot. 1 Wojciech Żelazko, prezes Fabryki Maszyn w Strzyżowie

Podejrzewam, że do tego klienta dotarł właściciel jakiegoś warsztatu – a jest ich w Polsce wiele – który zajmuje się remontami i obsługą serwisową kompresorów. Wykorzystał fakt, że byliśmy w upadłości i naopowiadał klientowi głupstw. Prawdą jest taka, że mamy wyłącznie własny serwis – pięć grup serwisowych, a także oddzielny dział remontów. Zresztą zdarza się, że wracają do nas – do poprawki – sprężarki remontowane przez warsztaty bez specjalistycznego zaplecza rzeczowego i zwłaszcza kadrowego.

Zaskoczył mnie pan, bo spodziewałem się, że z dużej firmy to właśnie Fabryka Maszyn stała się takim warsztatem.

Nie jesteśmy już taką potęgą jak w roku 1990, kiedy pracowało tu 670 osób. Pozostało nas 127, z czego blisko połowa wykonuje prace nie związane z branżą pneumatyczną – szedłoby pojętą obróbkę metali: od bardzo małych detali po jedenastometrowej długości słupy lawinowe do montażu w Alpach. Gdyby jednak porównać wydajność z roku 1990 i z roku 2005, to można się mile zaskoczyć. Wreszcie można powiedzieć, że zakład został zrestrukturyzowany pod każdym względem: majątkowym, organizacyjnym, kadrowym itd. O efektach może więcej powiedzieć nasza główna księgowa.

Życzę w takim razie powodzenia w dalszej pracy.

Rozmawiał Zdzisław Chrapkiewicz

Rectus Polska

– twój partner przy projektowaniu
i budowie przemysłowych instalacji pneumatycznych

Firma RECTUS POLSKA, wychodząc naprzeciw zapotrzebowaniu rynku, pragnie zaprezentować produkty najczęściej stosowane przy projektowaniu, a później przy budowie przemysłowych instalacji pneumatycznych.

Niezwykle ważnym, niestety bardzo często bagatelizowanym, elementem instalacji pneumatycznej jest właśnie szybkozłącze. Od niego w dużym stopniu zależy efektywność oraz sprawność podłączonego urządzenia, jak również jakość oraz komfort pracy samego pracownika. Niejednokrotnie nie jest on świadomy tego, że to właśnie szybkozłącze spowalnia jego pracę lub powoduje dyskomfort pracy.

Najczęściej stosowanym szybkozłączem przy budowie instalacji jest złącze z profilem EURO średnicy nominalnej 7,4-7,8 mm. Dla tego profilu wtyczki Rectus Polska oferuje aż sześć kompatybilnych ze sobą, różniących się jednak parametrami, serii szybkozłączy: serie 26KA, 25KA, 1600KA, 1625KA oraz rozłączane beciśnieniowo 26KE, 25KE.

Oferta w tym asortymencie została między innymi dlatego tak rozszerzona, gdyż wymogi bezpieczeństwa oraz regulacje dotyczące stosowania szybkozłączy w przemyśle stają się coraz bardziej ostre i restrykcyjne.

Szybkozłącza jednostronne odcinające typu KA/KE

Nasz kompatybilny system szybkozłączy stosowany w układach sprężonego powietrza pozwoli Państwu wybrać to jedno właściwe dla danego punktu przyłączenia spośród sześciu różnych szybkozłączy (fot. 1) i użyć z jednym profilem wtyczki:

1. **Seria 26KA** – uniwersalne szybkozłącze do powietrza w rewelacyjnej cenie:



Fot. 1 System szybkozłączy Rectus (opis oznaczeń w tekście)

- przepływ 1000 l/min;
- ciśnienie robocze 35 barów;
- siła łączenia przy 6 barach 120 N;
- dostępne w mosiądzu oraz stali nierdzewnej.

2. **Seria 25KA** – szybkozłącze do zastosowań przemysłowych ze względu na trwałość, bardzo szeroką ofertę asortymentową oraz wysoki poziom przepływu:

- przepływ 1800 l/min;
- ciśnienie robocze 35 barów;
- siła łączenia przy 6 barach 100 N;
- dostępne w mosiądzu oraz stali nierdzewnej.

3. **Serie 1600KA oraz 1625KA** – szybkozłącza o specjalnej konstrukcji zaworu z maksymalnie dużym przepływem oraz rewelacyjnie niskim poziomem siły łączenia:

- przepływ 2150 l/min;
- ciśnienie robocze 35 barów;
- siła łączenia przy 6 barach 75 N;
- w serii 1625KA specjalna tuleja ryglująca z bardzo trwałego tworzywa termoplastycznego.

4. **Seria 26KE** – szybkozłącze samoodprężające z tuleją z tworzywa – zgodne z normą ISO 4414:

- przepływ 1400 l/min;
- ciśnienie robocze 8 barów;
- siła łączenia przy 6 barach 95 N;
- zapewnia podwyższony standard bezpieczeństwa.

5. **Seria 25KE** – szybkozłącze samoodprężające w wykonaniu ze stali – zgodne z normą ISO 4414:

- przepływ 1800 l/min;
- ciśnienie robocze 8 barów;
- siła łączenia przy 6 barach 120 N;

• zabezpiecza przed uderzeniem rozłączanej wtyczki z szybkozłączem. Stosując powyższe szybkozłącza i dobierając je zgodnie z potrzebami, sprostać Państwo wysokim wymaganiom stawianym przez producentów i użytkowników maszyn i urządzeń oraz stale rosnącym wymaganiom dotyczącym bezpieczeństwa. Jednakże gdybyście Państwo stwierdzili, że warto zasięgnąć opinii specjalisty w tej dziedzinie, to pracownicy Rectus Polska dotrą we wskazane przez Was miejsce, aby służyć swym doświadczeniem.

Szybkozłącza suchoodcinające typu KL

Nowość w ofercie Rectus Polska – doskonałe szybkozłącza suchoodcinające serii 204KL, 206KL oraz 209KL, stworzone z myślą o zastosowaniu w takich branżach, jak: przemysł chemiczny, farmaceutyczny, laboratoria, ale również do wykorzystania we wszelkiego typu układach transportu mediów płynnych i gazowych w innych branżach.

Nowo zaprojektowane serie szybkozłączy suchoodcinających 204KL, 206KL oraz 209KL znacznie przewyższają łatwością łączenia wszystkie inne produkty dostępne na rynku, a ponadto dzięki ulepszonej konstrukcji zaworu o zminimalizowanej objętości „martwej przestrzeni” szybkozłącza te zapewniają skuteczną i niezawodną ochronę przed wyciekami oraz nieszczelnością. Wartość objętości „martwej przestrzeni” wynosi

0,015 ml dla serii 204KL, 0,035

ml dla serii 206KL oraz

0,072 ml dla serii

209KL. Aby lepiej

zobrazować

Państwu

podane wartości, należy dodać, iż jest to poziom wycieku równy cieniutkiej warstwie medium pozostałej po rozłączeniu na powierzchni zaworów.

Poziom ten jest oczywiście bezpośrednio skorelowany ze średnicami nominalnymi poszczególnych serii, które wynoszą odpowiednio 4, 6 i 9 mm i mogą być użyte w najróżniejszych obszarach przemysłu, gdzie niejednokrotnie wymagane jest użycie tego samego typu szybkozłącza, lecz o różnych gabarytach oraz wielkościach przepływu.

Ulepszony projekt zaworu umożliwił również zredukowanie wymaganej siły łączenia do absolutnego minimum oraz jednoręczne łączenie i rozłączanie szybkozłącza. Dzięki tym cechom codzienna obsługa jest szybsza i prostsza, a ponadto system może być użyty również w miejscach trudno dostępnych, gdzie z powodu braku wolnej przestrzeni obsługa jest bardzo uciążliwa.

Aby powyższe zalety nowych serii 204KL, 206KL i 209KL mogły zostać w pełni wykorzystane, konieczne było zaprojektowanie specjalnych, o ergonomicznym kształcie, tulejek ryglujących. Dopiero oba udoskonalenia w połączeniu dają pełną swobodę jednoręcznej obsługi.

Gładka tuleja ryglująca oraz optywowe kształty szybkozłączy dają również optymalną ochronę przed gromadzeniem się zabrudzeń, co z kolei w szczególności czyni je liderem wśród szybkozłączy do zastosowania w tzw. strefach czystych.

Dodatkowym atutem jest fakt, iż tak udoskonalony system zaworowy powoduje uszczelnienie całego układu jeszcze przed otwarciem się zaworu, eliminując tym samym efekt „mgiełki”. To właśnie dlatego serie 204KL, 206KL i 209KL są idealnym wyborem, zawsze wtedy, gdy nawet najmniejszy wyciek może spowodować duży problem lub zagrożenie.

Serie 204KL, 206KL i 209KL, oprócz standardowego wykonania z mosiądzu niklowanego, są również dostępne w wyko-

naniu ze stali kwasoodpornej AISI 316L do użycia w aplikacjach o szczególnych wymaganiach technicznych, np. kontakt z substancjami agresywnymi. Również w zależności od zastosowania istnieje możliwość doboru odpowiedniego uszczelnienia: NBR, FKM, EPDM, FFKM.

Podsumowując, szybkozłącza suchoodcinające serii 204KL, 206KL i 209KL cechuje konstrukcja w pełni automatyczna, czyli obsługa przy użyciu jednej ręki, ergonomiczny kształt tulei, zoptymalizowane średnice nominalne, miniaturyzacja gabarytowa, wyjątkowo niska siła łączenia oraz marginalny poziom wycieku.

Komponenty do automatyzacji PNEUMAX

Wśród produktów oferowanych przez firmę Rectus Polska znajdziecie Państwo także komponenty do automatyzacji pneumatycznej włoskiej firmy PNEUMAX S.p.A.

Znany w całej Europie dostawca, którego reprezentujemy na rynku polskim, dzięki produktom wysokiej jakości przy zachowaniu rozsądnej ceny zdobywa coraz większą popularność. Urządzenia marki Pneumax pojawiają się w maszynach do obróbki drewna, kamienia, maszynach pakujących, zabudowach specjalnych, robotach przemysłowych i wielu innych, gdzie pomimo ciężkich warunków pracy spełniają doskonale swoje zadania.



Fot. 3 Wyspa Enova

Pragniemy zaprezentować Państwu kilka ciekawych elementów z oferty firmy Pneumax, które wyróżniają się na tle standardów oferowanych przez producentów pneumatyki:

Fot. 2 Szybkozłącza serii 206 KL

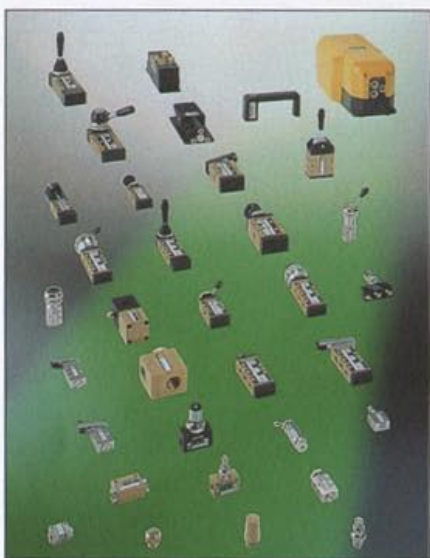
• Wyspa zaworowa ENOVA

Jest jednym z najnowszych osiągnięć działu projektowego firmy PNEUMAX. Charakteryzuje się nowoczesną technologią wykonania, przemysłową i funkcjonalną konstrukcją oraz dobrymi parametrami technicznymi (przepływ przy 6 barach – 700 Nl/min) przy jednoczesnej miniaturyzacji (moduły



Fot. 4 Siłowniki

o szerokości 12,5 mm). Wyspa zaworowa ENOVA® została zaprojektowana tak, by spełniać coraz wyższe wymagania rynku. Duża elastyczność konfiguracji jest efektem położenia szczególnego nacisku na potrzeby użytkownika końcowego.



Fot. 5 Zawory i rozdzielacze

• Siłowniki hydropneumatyczne zgodne ze standardem ISO 6431
Połączenie pneumatyki z hydrauliką wykorzystuje zalety nieściśliwego,

zamkniętego układu hydraulicznego, pozwalającego na ustalenie i kontrolę prędkości ruchu tłoczyska siłownika pneumatycznego za pomocą zaworu regulacyjnego, w zakresie od 60 do 10 000 mm/min.

Sterowane pneumatycznie zawory dostarczane w komplecie z urządzeniem pozwalają na zatrzymanie lub pominięcie hydraulicznej regulacji prędkości w dowolnym momencie. Siłowniki dostępne są w wersjach z tłokami o średnicach D40 i D50 z nastawialną amortyzacją.

• Siłowniki standardu ISO 6432 w wykonaniu z technopolimeru

Główną zaletą takiego rozwiązania jest materiał konstrukcyjny wzmocniony włóknem szklanym, czyli technopolimer, który pozwala uzyskać jakość i wytrzymałość podobną do siłowników wykonanych z aluminium. Niewątpliwą zaletą jest także atrakcyjna cena w stosunku do siłowników standardowych. Dostępne średnice: $\phi 12 - \phi 16 - \phi 20 - \phi 25$.

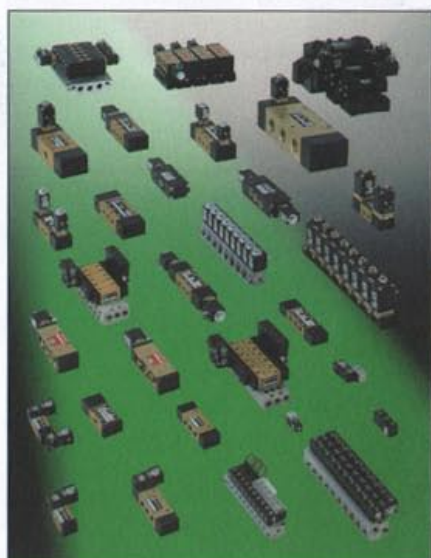
Jako uzupełnienie w styczniu bieżącego roku firma Pneumax wprowadziła także elektrozapory i zawory pneumatyczne wykonane z technopolimeru, z przyłączem G1/8" w wersjach 5/2 i 5/3.



Fot. 6 Regulator proporcjonalny

• Elektroniczny regulator proporcjonalny

Urządzenie pozwalające dynamicznie zmieniać wartość ciśnienia za pomocą napięcia od 0 do 10 V lub poprzez prąd prądowy 4–20 mA.



Fot. 7 Elektrozapory

Firma Pneumax oferuje elektroniczne regulatory proporcjonalne w dwóch wielkościach: z przyłączem G1/4" o przepływie 1000 Nl/min lub G1/2" o przepływie nominalnym 4000 Nl/min.



Fot. 8 Zespoły przygotowania powietrza

Nasze główne atuty to:

- wysoka jakość produktu przy zachowaniu atrakcyjnej ceny
- krótki czas dostawy siłowników ISO6431 i ISO6432
- fachowa, kompleksowa obsługa
- doradztwo techniczne
- szkolenia dla klientów.

Pełna oferta, a także szczegółowe informacje na temat prezentowanych produktów znajdują się na stronie internetowej: www.rectus.pl
rectus@rectus.pl

Artykuł promocyjny
Rectus Polska Sp. z o.o.



VI MIĘDZYNARODOWE TARGI HYDRAULIKI, PNEUMATYKI, STEROWANIA I NAPĘDÓW

HPS 19 - 21.10.2006

KATOWICE Hala SPODEK Al. W. Korfantego 35



★ 280 firm z 22 krajów!

★ Konferencja pod tytułem:
"CETOP - szansą dla krajowego
sektora hydrauliki i pneumatyki"

SPONSORZY HONOROWI:

cetop
European Fluid Power

SPONSORZY MEDIALNI:

Pracownicy techniczno-informacyjni

**Napędy
i sterowanie**

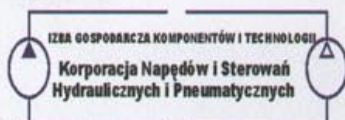
Pneumatyka

HIP

mechanik

transport
przemysłowy

**Utrzymanie
Ruchu**



IZBA GOSPODARZA KOMPONENTÓW I TECHNOLOGII
Korporacja Napędów i Sterowań
Hydraulicznych i Pneumatycznych



Minister Gospodarki

PARTNERZY INTERNETOWI:

www.hydraulika.info.pl

www.energoelektronika.com.pl

www.iProdukcja.pl

www.hps.mtk.katowice.pl



Jakość, która łączy

Instalacja sprężonego powietrza John Guest

O sprężonym powietrzu powiedziano i napisano już bardzo wiele, dlatego z pełną stanowczością możemy stwierdzić, że pod względem wielości i częstotliwości zastosowań jest ono jednym z głównych nośników energii. Mimo to, bardzo często lekceważymy to medium. Dzieje się tak z różnych przyczyn. Panują mylne stereotypy, brakuje dostatecznej wiedzy na temat prawidłowego zastosowania i wykorzystania sprężonego powietrza. Trudno jest oszacować użytkownikowi koszty jego wytworzenia i późniejszej eksploatacji.

W naszym artykule postaramy się przybliżyć Państwu instalację sprężonego powietrza, która jest nieodłącznym i bardzo istotnym elementem w procesie eksploatacyjnym całego systemu. Warunkiem prawidłowego i optymalnego wykonania instalacji jest zachowanie pewnych procedur, dobranie odpowiednich średnic rurociągu, zastosowanie odpowiednich materiałów, które umożliwią nam wieloletnią i bezawaryjną eksploatację całego systemu. Ważnym aspektem jest łatwość montażu i późniejszego serwisowania instalacji, uwzględnienie systemów usuwania zanieczyszczeń z układu (zespoły przygotowania powietrza, spusty kondensatu) czy takich elementów, jak: straty w przesyśle, opory tarcia, ubytki wynikające z nieszczelności.

Po prostu John Guest

Firma John Guest jako wiodący w skali światowej producent szybkozłączy wtykowych przez ponad 45 lat badań i doświadczeń opracowała uniwersalny i niezawodny system transportu sprężonego powietrza.



Fot. 1 Instalacja sprężonego powietrza John Guest

Konstrukcja systemu sprawia, że jest on elastyczny i prosty w montażu, przyjazny w obsłudze i konserwacji, a dzięki unikatowym rozwiązaniom technicznym istotnie wpływa na funkcjonowanie danego obiektu czy urządzenia.

Podstawą sukcesu firmy jest bardzo wysoka jakość produkcji potwierdzona certyfikatem ISO 9001. Instalacja John Guest przeznaczona jest do wielu gałęzi przemysłu.

Wszystkie złącza serii Super Speed-fit są zgodne z przepisami rozporządzenia.



Fot. 2 Budynek centrali firmy John Guest w Londynie

dzenia o produktach spożywczych (atest PZH) i są z powodzeniem stosowane w branży spożywczej oraz produkcji farmaceutycznej. System doskonale sprawdza się także w instytu-



Fot. 3 Połączenie rury poliamidowej PA12 ze złączką Ø 28

cjach szkoleniowych i badawczych, gdzie wielokrotnie przeprowadzany jest montaż i demontaż instalacji wraz z połączonymi z nią różnymi elementami pneumatyki.



Fot. 4 Lekka konstrukcja elementów John Guest ułatwia montaż instalacji na wysokościach

System

Dzięki unikatowej technologii wykonania (zabki ze stali nierdzewnej, uszczelka pierścieniowa oraz specjalnie wykonany korpus) złącza John Guest są łatwe w montażu i demontażu. System wtykowy połączeń pozwala znacznie zaoszczędzić czas montażu (do 40%) w stosunku do instalacji tradycyjnych. Powoduje to automatycznie ograniczenie kosztów pracy. Złącza zapewniają niezawodną szczelność i co bardzo ważne – instalacja jest gotowa do pracy natychmiast po zakończeniu montażu.

Przepływ powietrza charakteryzuje się znakomitymi właściwościami, gdyż nie jest zakłócony żadnymi przewężeniami na wykonanych połączeniach (nie dotyczy to oczywiście połączeń redukcyjnych). Szybkozłącza



Fot. 5 Rury poliamidowe PA12 twarde, w sztangach

mogą być przeznaczone do instalacji pneumatycznych i podciśnieniowych



Fot. 6 Połączenie instalacji John Guest z instalacją stalową

w różnych zastosowaniach przemysłowych oraz z mediami płynnymi, powietrzem, gazami obojętnymi, a więc również N_2 lub CO_2 .

Dzięki szybkiemu demontażowi połączenia instalacja ta w odróżnie-

niu od innych nie jest przypisana jednemu wyłącznie obiektowi lecz klientowi. Firmy, które czasowo dzierżawią powierzchnie produkcyjne czy usługowe, wraz z ich zmianą mogą błyskawicznie zdemonstrować instalację i zabrać ją ze sobą do nowego obiektu. Jest to więc znaczna oszczędność kosztów dla firm rozwijających się. Także w przypadku uszkodzenia instalacji naprawa może być wykonana natychmiast i we własnym zakresie.

Szybkozłącza z serii Super Speedfit wykonane są z czarnego kopolimeru acetalu oraz mosiądzu, co czyni je odpornymi na uszkodzenia mechaniczne oraz różnice temperatur (powietrze: $-20^\circ C$ do $+70^\circ C$). Ciśnienie pracy systemu wynosi 10 barów (temp. $+23^\circ C$) i 7 barów (temp. $+70^\circ C$). W zależności od użytych przewodów, złącza w określonych warunkach mogą być stosowane także do wyższych ciśnień i temperatur.

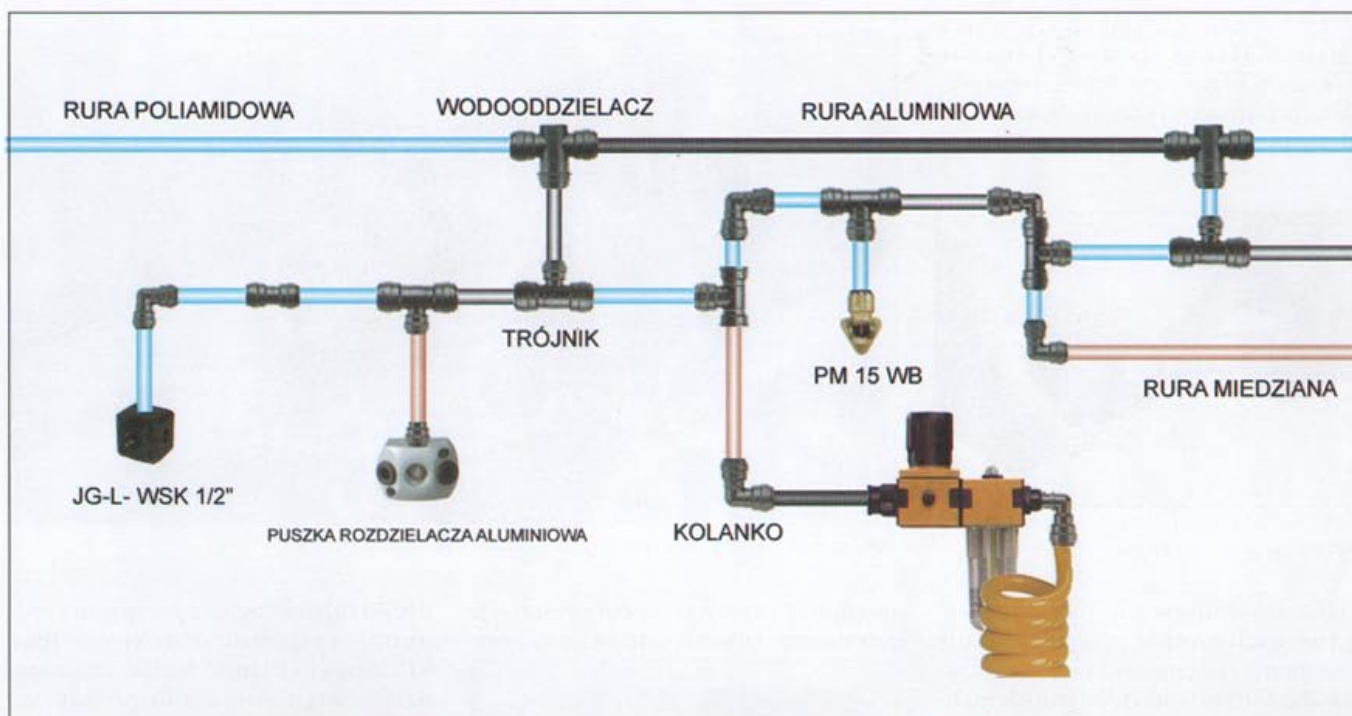
Firma John Guest stworzyła system modułowy instalacji, który pozwala w sposób bezkonfliktowy podłączyć się do już istniejącej instalacji, omijając praktycznie każde utrudnienia, związane z warunkami panującymi w danym obiekcie (np. brak miejsca), a także stopniować średnice rur danego odcinka instalacji w miarę potrzeb wynikających z zapotrzebowania na sprężone powietrze.

W systemie Super Speedfit proponowane są rury z poliamidu PA12 w sztangach i w zwoju o średnicach O12, O15, O18, O22 i O28 oraz sztangi aluminiowe o średnicach O15, O18, O22 i O28.

Rury John Guest są wyjątkowo odporne na temperaturę (temperatura



Fot. 7 Stopniowanie średnic rur w systemie John Guest



Rys. 1 Schemat wtykowej instalacji sprężonego powietrza John Guest

robocza przy obciążeniach ciągłych: -40°C do $+120^{\circ}\text{C}$), jak również na ciśnienie, wibracje, uderzenia, korozję oraz na procesy starzenia materiału. Mają przy tym niewielki ciężar, co jest dość istotne przy montażu, szczególnie odbywającym się na znacznych wysokościach.

Złącza John Guest można stosować do połączeń rur wykonanych z innych materiałów: miedzi, aluminium, mosiądzu i prawie wszystkich rur z tworzyw sztucznych.



Fot. 8 System John Guest umożliwia łączenie rur z miedzi, aluminium i z tworzyw sztucznych

System zapewnia więc bardzo wysoką elastyczność przy rozbudowie lub zmianach istniejących już instalacji. Dzięki technice wtykowej montażu i różnorodności stosowanych rur instalacja ta jak żadna inna sprawdza się

w miejscach zagrożonych powstaniem pożaru czy wybuchu, w których zabrania się stosowania palników spawalniczych lub lutowniczych.

Priorytet

Firma John Guest produkuje wyroby najwyższej jakości, a także nieustannie rozwija sieć dystrybucji. Świadczy o tym grono naszych zadowolonych klientów zarówno w Polsce, jak i na całym świecie. To właśnie z myślą o klientach staraliśmy się stworzyć optymalną instalację sprężonego powietrza, którą charakteryzują:

- najwyższa jakość produkcji ISO 9001
- prosty i szybki montaż
- idealne przystosowanie do sprężonego powietrza oraz cieczy
- montaż bez użycia narzędzi
- bez dodatkowego uszczelnienia
- złącza stosowane do rur z metalu lub tworzyw sztucznych
- możliwości wielokrotnego łączenia i rozłączania
- bardzo dobre właściwości przepływowe
- szeroka gama produktów.

Artykuł promocyjny
John Guest Polska Sp. z o.o.



John Guest Polska Sp. z o.o.
ul. Starołęcka 7
61-361 Poznań
tel.: 061 878 04 08
fax: 061 878 02 85
www.johnguest.com
email: info@johnguest.pl

Efektywny strumień powietrza chłodzącego w chłodni wentylatorowej

Jerzy K. Mikołajczak, Piotr Jadwiszczak,
Marcin Klimczak

Obowiązująca w ostatnich latach w przemyśle jednoznaczna tendencja do zmniejszania energochłonności i negatywnego wpływu na środowisko naturalne nie może się ograniczać do poszczególnych urządzeń, ale musi obejmować całe systemy.

W pneumatyce w tym kontekście wiele miejsca poświęca się zaletom rozwiązań konstrukcyjnych sprężarek i ich optymalnej konfiguracji w systemie zakładowym. Nie należy jednak zapominać, że częścią systemu dużych sprężarek przemysłowych jest wodny system ich chłodzenia i rozważania energetyczno-ekonomiczne muszą obejmować także to zagadnienie. W cyklu artykułów poświęconych chłodniom wentylatorowym pokazujemy zachodzące w nich procesy wymiany ciepła i masy oraz modele matematyczne pozwalające wyciągać określone wnioski praktyczne. Jednym z parametrów pracy chłodni, który może być przedmiotem optymalizacji, jest wymuszony wentylatorem strumień powietrza, którego zadaniem jest odebranie ciepła od wody chłodzącej. W poniższym artykule omówiono zależność mocy cieplnej chłodni od wartości tego strumienia. Poprzednio w pracy [3] przedstawiono model matematyczny wymiany ciepła i masy procesu zachodzącego w wypełnieniu chłodni wentylatorowej. Zarys rozwiązania numerycznego modelu omówiono w artykule [4], a wyniki obliczeń numerycznych zamieszczono w [5].

Znajomość wpływu strumienia masy powietrza na strumień ciepła przekazywany w wypełnieniu jest konieczna dla poprawnego określenia parametrów konstrukcyjnych wypełnienia, jak i odpowiedniego dobrania strumienia masy powietrza dla zadanego strumienia masy wody i stopnia jej ochłodzenia.

Zależność mocy cieplnej wypełnienia

Na rys. 1 i 2 przedstawiono krzywe zależności

$$\dot{Q} = f(\dot{M}_P)$$

dla stałej początkowej wartości wilgotności właściwej powietrza X_1 , przy różnych strumieniach masy wody $\dot{M}_{W1}$ i jej początkowych temperaturach t_{W1} .

Charakterystyki

$$\dot{Q} = f(\dot{M}_P)$$

przedstawione na wyżej wymienionych rysunkach zostały podzielone na cztery zasadnicze grupy, różniące się początkowymi wartościami strumienia masy wody. Strumień masy w każdej charakterystycznej grupie przyjmował wartości równe odpowiednio: $\dot{M}_{W1} = 0,200$; $0,320$; $0,450$ i $0,550$ kg/s. Ponadto w każdej grupie przedstawiono charakterystyki

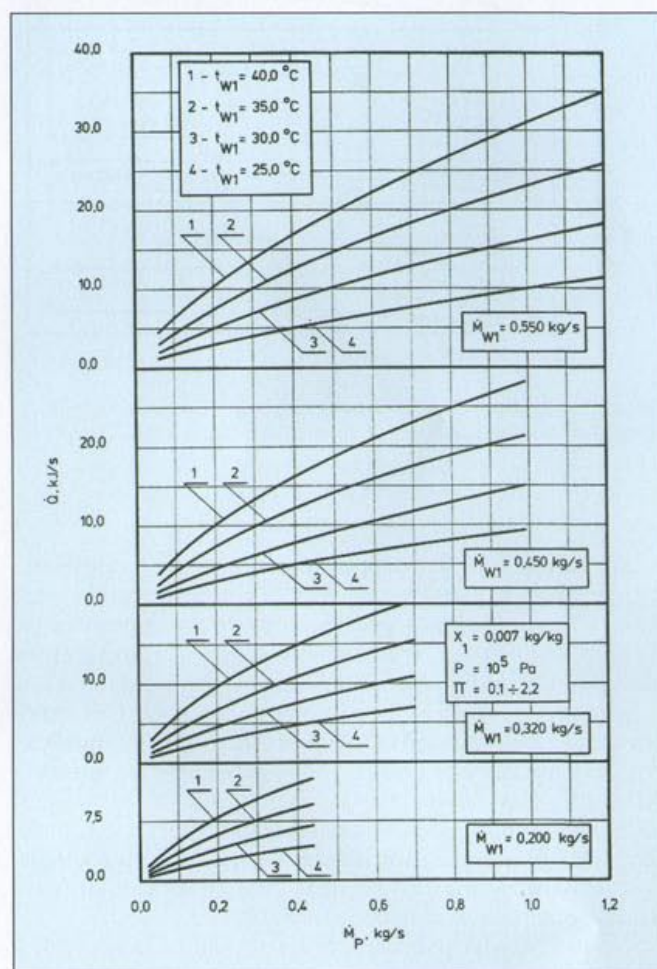
$$\dot{Q} = f(\dot{M}_P)$$

dla różnych początkowych temperatur wody. Temperatury te odpowiednio wynosiły: $t_{W1} = 25,0$; $30,0$; $35,0$; i $40,0^\circ\text{C}$.

Rys. 1 przedstawia krzywe charakterystyczne

$$\dot{Q} = f(\dot{M}_P)$$

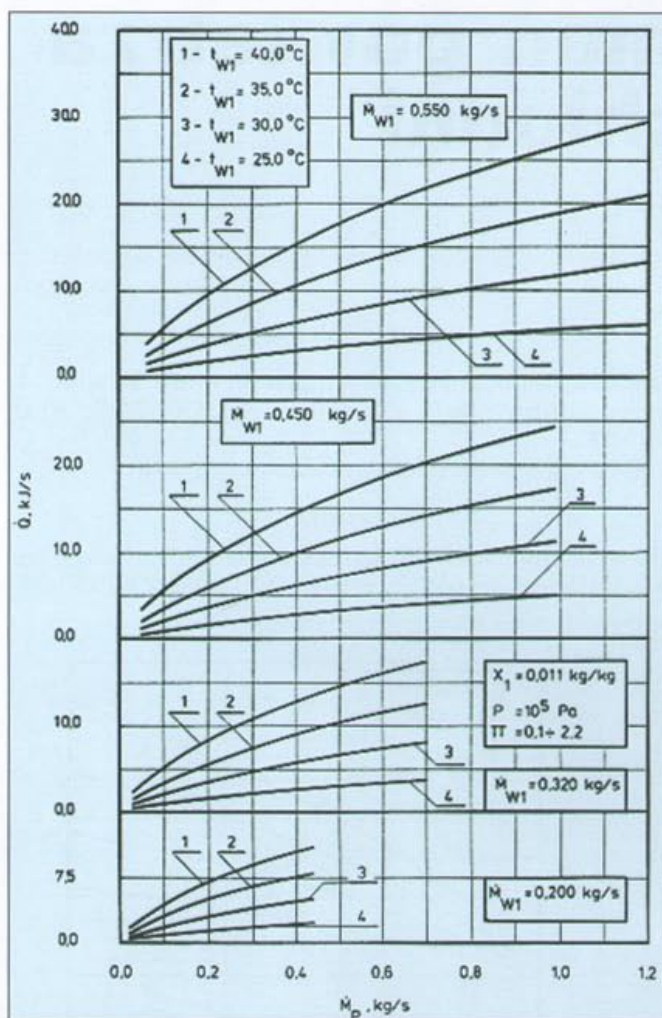
dla wymienionych wyżej warunków przy początkowej wartości wilgotności właściwej równej $X_1 = 0,007$ kg/kg.



Rys. 1 Krzywe zależności $\dot{Q} = f(\dot{M}_P)$ przy stałej wartości początkowej wilgotności właściwej powietrza przy $X_1 = 0,007$ kg/kg dla różnych strumieni masy wody $\dot{M}_{W1}$ i różnych początkowych temperatur wody t_{W1}

Na rys. 2 zobrazowano krzywe dla analogicznych warunków jak uprzednio, lecz dla początkowej wartości wilgotności właściwej równej $X_1 = 0,011$ kg/kg.

Analiza powyższych wykresów wykazuje, jak dalece strumień ciepła $\dot{Q}$ przekazywany w wypełnieniu jest zależny od strumienia masy wody $\dot{M}_{W1}$ i jej początkowej



Rys. 2 Krzywe zależności $\dot{Q}=f(\dot{M}_p)$ przy stałej wartości początkowej wilgotności właściwej powietrza przy $X_1 = 0,011 \text{ kg/kg}$ dla różnych strumieni masy wody $\dot{M}_{w1}$ i różnych początkowych temperatur wody t_{w1}

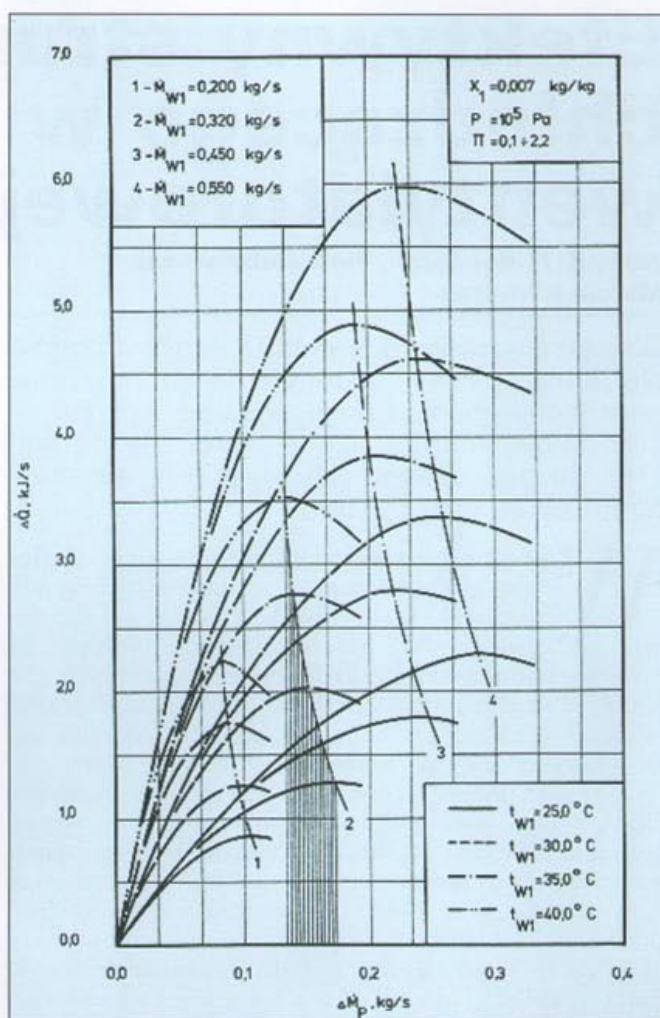
temperatury t_{w1} . W miarę wzrostu obu tych wielkości rośnie również, przy tym samym strumieniu masy powietrza, strumień ciepła przekazywany w wypełnieniu. Rośnie on jednak szybciej ze wzrostem temperatury początkowej wody aniżeli ze wzrostem strumienia jej masy.

Z porównania tych wykresów wypływa jeszcze jedno spostrzeżenie, że strumień ciepła jest tym mniejszy, im większa jest początkowa wilgotność właściwa strumienia powietrza. Z porównania tego wynika również, że wypełnienie ma łagodnie podnoszącą się charakterystykę, przebiegającą tym wyżej, im niższa jest początkowa wilgotność właściwa powietrza oraz im większy jest strumień masy wody i jej temperatura początkowa.

Nasuwa się więc pytanie, czy dla określonego początkowego strumienia masy wody i określonych parametrów konstrukcyjnych wypełnienia należy zwiększać strumień masy powietrza do maksymalnych wartości?

Zależność przyrostu mocy cieplnej od przyrostu strumienia masy powietrza

Szukając odpowiedzi na postawione uprzednio pytanie sporządzono krzywe zależności przyrostu strumienia ciepła $\Delta\dot{Q}$ od przyrostu strumienia masy powietrza $\Delta\dot{M}_p$. Zależności te zobrazowano graficznie na rys. 3 i 4. Wykre-



Rys. 3 Zależność przyrostu strumienia ciepła $\Delta\dot{Q}$ od przyrostu strumienia masy powietrza $\Delta\dot{M}_p$ przy różnych strumieniach masy wody $\dot{M}_{w1}$ i różnych początkowych temperaturach wody t_{w1} przy $X_1 = 0,007 \text{ kg/kg}$

sy przedstawione na tych rysunkach opracowano dla tych samych co uprzednio wartości początkowych strumienia masy wody, temperatury wody i wilgotności właściwej powietrza.

Posługując się tymi wykresami, można ocenić wpływ przyrostu strumienia powietrza na przyrost strumienia ciepła w wypełnieniu. Można zauważyć także, że w miarę niewielkiego nawet wzrostu $\Delta\dot{M}_p$ wartości $\Delta\dot{Q}$ początkowo szybko rosną. Równocześnie wyższym temperaturom początkowym wody, przy tym samym strumieniu jej masy, odpowiadają większe przyrosty strumienia ciepła. Dla pewnej wartości przyrostu strumienia powietrza, zależnej od początkowej temperatury wody, krzywe

$$\dot{Q}=f(\dot{M}_p)$$

osiągają pewne maksimum. Przy tym, im wyższa temperatura początkowa wody, wierzchołki tych krzywych przemieszczają się w kierunku mniejszych wartości $\Delta\dot{M}_p$. Zaznaczono to na wykresach cienką linią przerywaną. Po przekroczeniu pewnej wartości strumienia masy powietrza dalsze jego zwiększanie prowadzi wprawdzie do wzrostu samego strumienia ciepła, jak to pokazano na rys. 1 i 2, lecz przyrost strumienia ciepła nawet po znacznym zwiększeniu przyrostu strumienia masy powietrza jest coraz mniejszy. Wynika stąd, że ten sam przyrost strumienia

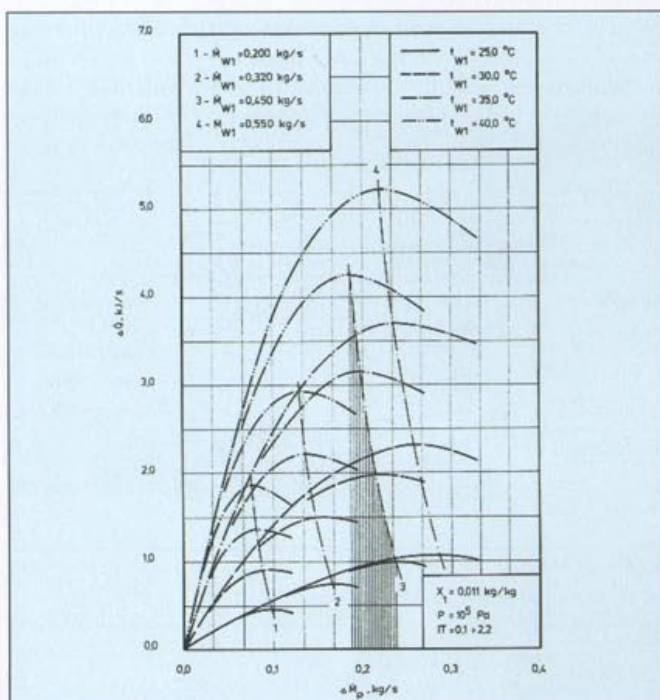
ciepła uzyskuje się w przypadku raz mniejszej, a raz większej wartości przyrostu strumienia masy powietrza.

Podsumowanie

W podsumowaniu należy podkreślić, że z ekonomicznego punktu widzenia powinno dążyć się do tego, aby zadany przyrost strumienia ciepła uzyskać przy minimalnym przyroście strumienia masy powietrza. Stąd wypływa wniosek, że dla danego strumienia masy wody strumień masy powietrza korzystniej jest zwiększać tylko do pewnych granic, wartościom których odpowiadają na rys. 3 i 4 punkty przegięcia zależności

$$\Delta \dot{Q} = f(\Delta \dot{M}_P)$$

Strumień odpowiadający temu właśnie punktowi określa się mianem EFEKTYWNEGO STRUMIENIA POWIETRZA.



Rys. 4 Zależność przyrostu strumienia ciepła $\Delta \dot{Q}$ od przyrostu strumienia masy powietrza $\Delta \dot{M}_P$ przy różnych strumieniach masy wody $\dot{M}_{W1}$ i różnych początkowych temperaturach wody t_{W1} przy $X_1 = 0,011 \text{ kg/kg}$

Oznaczenia i wymiary ważniejszych wielkości

$\dot{M}$ – strumień masy, kg/s

P – ciśnienie, Pa

$\dot{Q}$ – strumień ciepła, kJ/s

t – temperatura względna, °C,

X – wilgotność właściwa, kg/kg

Π – stosunek strumienia masy powietrza do strumienia masy wody

Wykaz stosowanych indeksów

P – powietrze, powietrze wilgotne

W – woda

1 – wartość początkowa

2 – wartość końcowa

Literatura

[1] Mikołajczak J.K.: Chłodnie wentylatorowe w systemach sprężonego powietrza. *Pneumatyka* 6/2004.

[2] Mikołajczak J.K.: Wymiana ciepła i masy w wypełnieniu chłodni wentylatorowej. *Pneumatyka* 1/2005.

[3] Mikołajczak J.K.: Model matematyczny wymiany ciepła i masy w wypełnieniu chłodni wentylatorowej. *Pneumatyka* 5/2005.

[4] Mikołajczak J.K.: Obliczanie parametrów termodynamicznych wymiany ciepła i masy w chłodni wentylatorowej. *Pneumatyka* 6/2005.

[5] Mikołajczak J.K.: Wyniki obliczeń numerycznych parametrów termodynamicznych wymiany ciepła i masy w chłodni wentylatorowej. *Pneumatyka* 1/2006.

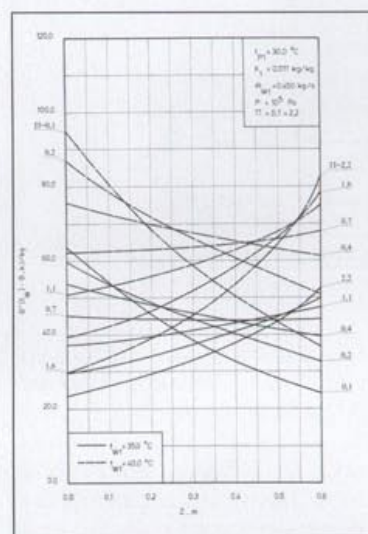
[6] Mikołajczak J.K.: Siła motoryczna wymiany ciepła i masy w wypełnieniu chłodni wentylatorowej. *Pneumatyka* 2/2006.

Jerzy K. Mikołajczak, Piotr Jadwiszczak, Marcin Klimczak
Katedra Klimatyzacji i Ciepłownictwa
Politechnika Wrocławska

Abstract

Effective air flow in a cooling tower

In the paper the relation between air mass flow and cooling power of fan cooling tower has been talked.



Rys. 3 Zmiany siły motorycznej procesu wzdłuż wysokości wypełnienia dla $\dot{M}_{W1} = 0,450 \text{ kg/s}$ oraz $t_{W1} = 35,0$ i $40,0^\circ\text{C}$

NOTE

In the previous paper of this series published in „Pneumatyka 2(57) 2006, the English abstract was unexpectedly cut by an editor's fault. Properly should be as follow:

Driving force of heat and mass exchange in a filling of fan cooling tower

In the paper, an equation describing a driving force of heat and mass exchange is derived. The relationship between that value and a working height of filling and state parameters is shown graphically.

UWAGA

W poprzednim artykule z tego cyklu pt. „Siła motoryczna wymiany ciepła i masy w wypełnieniu chłodni wentylatorowej”, który wydrukowany został w *Pneumatyce* 2(57)2006, z winy redakcji podpis pod rys. 3 był niepełny. Przytaczamy ten rysunek (w pomniejszeniu) wraz z prawidłowym podpisem. Przepraszamy Autora i Czytelników.

Aerostatycznie łożyskowany szybkobieżny zespół wrzecionowy

Model teoretyczny i jego weryfikacja doświadczalna

Donat Lewandowski

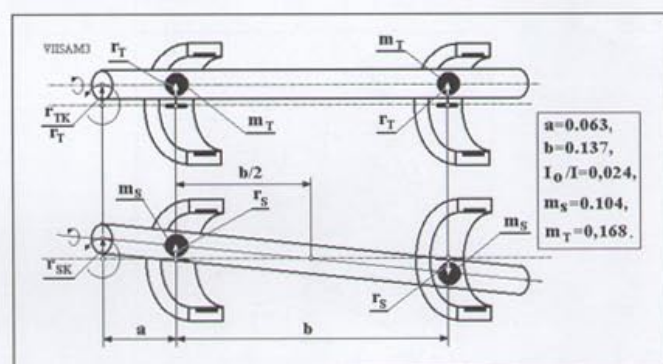
W opracowaniu przedstawiono schemat konstrukcyjny badanego zespołu wrzecionowego, opracowany jego model fizyczny, opis matematyczny modelu oraz model symulacyjny. Weryfikację opisu teoretycznego przeprowadzono poprzez porównanie teoretycznych i doświadczalnych charakterystyk amplitudowo-prędkościowych oraz trajektorii ruchu końcówki wrzeciona dla wybranych punktów charakterystyki analizowanego zespołu.

Ze względu na małe opory ruchu w łożyskach, aerostatycznie łożyskowane zespoły wrzecionowe dysponowane są do obróbki narzędziami o małych wymiarach, np. średnicy 4 mm, w procesach wymagających wysokich prędkości skrawania, np. 35 m/s. Dla spełnienia tych wymagań potrzebny jest wrzeciennik o prędkości obrotowej wrzeciona 2785 obr/s, a więc blisko 170

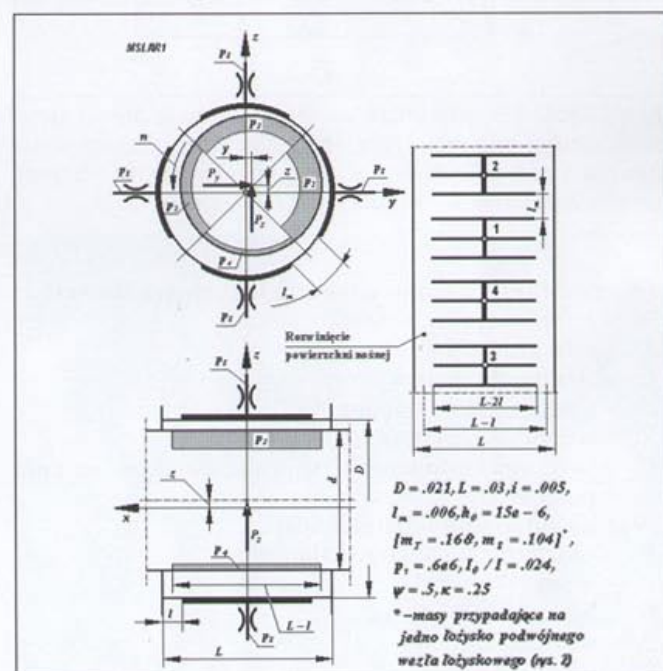
wane rozwiązanie pozwoliło na uzyskanie prędkości obrotowej wrzeciona 180 tys. obr/min. W prezentowanym opracowaniu problematyka szybkobieżnych zespołów wrzecionowych łożyskowanych aerostatycznie przedstawiona zostanie na przykładzie wrzeciennika pracującego z prędkościami rzędu 120 tys. obr/min.

Model fizyczny i matematyczny

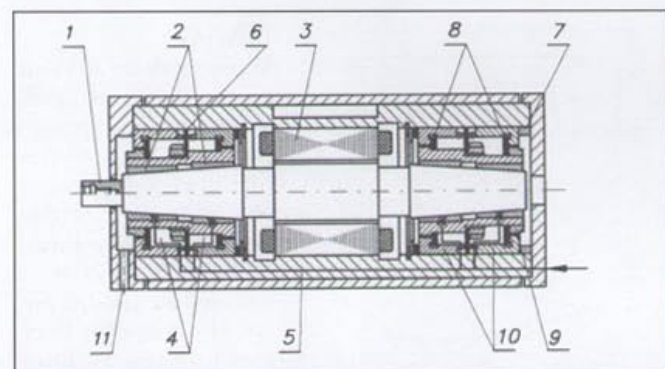
Model fizyczny zespołu wrzecionowego przedstawiono na rys. 2. Założono, że ruch wypadkowy osi sztywnego wrzeciona jest składową ruchów o postaci walcowej i stożkowej [6]. Model fizyczny łożyska [6], [7] przedstawiono na rys. 3.



Rys. 2 Model przemieszczeń osi czołów i końcówki wrzeciona w zespole wrzecionowym



Rys. 3 Model fizyczny komorowego łożyska aerostatycznego



Rys. 1 Wrzeciennik ściernicy szlifierki do otworów zaprojektowany w oparciu o patent [4] na zamówienie OBR Przemysłu Łożyskowego w Kraśniku. 1 – wrzeciono, 2 – panewka, 3 – stojan, 4 – kolektor łożyska, 5 – kanał zasilania łożysk, 6 – membrana, 7 – podkładka nastawienia szczelin łożyskowych, 8 – uszczelka, 9 – pierścień zamykający kolektor, 10 – obudowa łożyska, 11 – kanał odprowadzania wytrącającej się wody i oleju

tys. obr/min. Wrzeciono obracające się z takimi prędkościami pozwalają spełnić wymagania jakościowe i ekonomiczne przy szlifowaniu otworów w stali, wierceniu i frezowaniu tworzyw sztucznych. W wyniku wieloletnich prac teoretycznych i badań doświadczalnych [1], [2], [4], [8] opracowano niezawodne łożysko [5] i wysokoobrotowy silnik elektryczny [3] oraz technologię ich wytwarzania. Jednym z efektów tych prac jest przedstawiony na rys. 1 wrzeciennik z zespołem wrzecionowym łożyskowanym aerostatycznie [4], który był zaprojektowany z myślą o wykorzystaniu go do szlifowania małych otworów. Zastosowanie

Na rys. 2 i 3 zamieszczono również parametry łożyska i zespołu wrzecionowego.

Model matematyczny zespołu wrzecionowego podpartego na łożyskach aerostatycznych uzyskano w oparciu o założenia idealizujące, stosując drugie prawo Newtona, równanie Eulera dla ciała sztywnego w ruchu kulistym [8], równanie Newtona określające siły tarcia płynnego, zasadę zachowania masy i równanie Clapeyrona.

Poszukiwany model stanowią równania opisujące dwie założone postacie ruchu osi wrzeciona [6].

Walcową postać ruchu osi wrzeciona opisują równania:

$$\begin{aligned} A_T \ddot{y}_T + m_T \ddot{y}_T + C \dot{y}_T + K y_T - n(G \dot{y}_T - H z_T) &= P_{yT}^*(t) \\ A_T \ddot{z}_T + m_T \ddot{z}_T + C \dot{z}_T + K z_T + n(G \dot{y}_T - H y_T) &= P_{zT}^*(t) \end{aligned} \quad (1)$$

natomiast stożkowa postać ruchu osi wrzeciona opisana jest równaniami:

$$\begin{aligned} A_S \ddot{y}_S + m_S \ddot{y}_S + C \dot{y}_S + K y_S - n \left[-2\pi A_S \frac{I_o}{I} \ddot{z}_S + \right. \\ \left. + \left(G - 2\pi m_S \frac{I_o}{I} \right) \dot{z}_S - H z_S \right] &= P_{yS}^*(t) \\ A_S \ddot{z}_S + m_S \ddot{z}_S + C \dot{z}_S + K z_S + n \left[-2\pi A_S \frac{I_o}{I} \ddot{y}_S + \right. \\ \left. + \left(G - 2\pi m_S \frac{I_o}{I} \right) \dot{y}_S - H y_S \right] &= P_{zS}^*(t), \end{aligned} \quad (2)$$

gdzie:

$$\begin{aligned} P_{yT}^*(t) &= R \dot{P}_{yT}(t) + P_{yT}(t); P_{zT}^*(t) = R \dot{P}_{zT}(t) + P_{zT}(t), \\ P_{yS}^*(t) &= R \dot{P}_{yS}(t) + P_{yS}(t); P_{zS}^*(t) = R \dot{P}_{zS}(t) + P_{zS}(t), \end{aligned}$$

$$A_T; A_S = \frac{\pi D(L-l)h_o m_T}{4\beta_o p_S A}; \frac{\pi D(L-l)h_o m_S}{4\beta_o p_S A}$$

$$A = \frac{\pi D h_o^3}{24\eta l} \left[\frac{\beta_o^2 p_S^2 - p_N^2}{2 p_S^2 (1 - \beta_o^2)} + 1 + \frac{4(L-l)l}{\pi D l_m} \right]$$

$$C = \frac{2\psi D^2 (L-l)^2 \cos^2(\pi/4)}{A}$$

$$K = \frac{\pi \psi D^2 (L-l) h_o^2 \beta_o p_S \cos(\pi/4)}{8\eta l A} \left(1 - \frac{p_N^2}{\beta_o^2 p_S^2} \right)$$

$$G = \frac{\pi^3 \eta D^3 L(L-l)}{8 h_o \beta_o p_S A}$$

$$H = \frac{4\pi \kappa \psi D^2 (L-l)^2 \cos^2(\pi/4)}{A} \left[1 - \frac{\pi \eta l A}{8\kappa \psi (L-l)^2 h_o^2 \cos^2(\pi/4)} \right]$$

$$R = \frac{\pi D(L-l)h_o}{4\beta_o p_S A}, \quad h_o = (D-d)/2 \quad \text{— szczelina w łożysku nieobciążonym,}$$

$\beta_o = p_o/p_s$ — wskaźnik ciśnienia dla nieobciążonego łożyska,
 $m_T = m/k_z$ — masa zredukowana do środka czopa jednego łożyska dla walcowej formy ruchu,

$m_s = 4I/k_w b^2$ — masa zredukowana do środka czopa jednego łożyska dla stożkowej formy ruchu,

y_T, z_T, y_S, z_S — współrzędna przemieszczenia środka czopa w kierunku osi y, z,

P_{yT}, P_{zT} — składowa obciążenia czopa w kierunku osi y, z, składowa obciążenia w kierunku osi z,

n — prędkość obrotowa wrzeciona,

I — moment bezwładności wrzeciona względem osi prostopadłej do jego osi obrotu, przypadający na jedną podporę łożyskową zespołu dwupodporowego,

I_o — moment bezwładności względem osi obrotu wrzeciona przypadający na jedną podporę łożyskową zespołu dwupodporowego,

L, l, l_m — zdefiniowano na rys.1.,

D — średnica panewki,

d — średnica czopa,

p_s — ciśnienie zasilania,

p_o — ciśnienie w komorach nieobciążonego łożyska,

p_N — ciśnienie otoczenia, normalnie,

η — lepkość dynamiczna powietrza,

κ — wskaźnik rozkładu prędkości w szczelinie progu międzykomorowego na skutek ruchu obrotowego czopa,

ψ — wskaźnik wykorzystania powierzchni nośnej,

ρ_N — gęstość powietrza w warunkach normalnych,

m — masa wrzeciona,

k_z — liczba łożysk w zespole łożyskowym,

k_w — liczba łożysk w podporze łożyskowej,

a — wysięg wrzeciona,

b — rozstaw łożysk,

$L-2l$ — szerokość obszaru komory.

Rozwiązując równania (1) (2), uzyskuje się teoretyczne opisy związków między obciążeniami i przemieszczeniami osi geometrycznych czopów dla obydwu postaci ruchu. Synteza geometryczna przemieszczeń pozwala określić trajektorie ruchu osi czopów, a stąd trajektorie końcówki wrzeciona wyznaczaną przez wektor promienia jej wirowania. Wyżej przedstawiony wywód wynika z analizy równań (1), (2) oraz rysunku 2 i można go opisać następującym równaniem:

$$\bar{r}_k = \bar{r}_{TK} + \bar{r}_{SK} \quad (3)$$

gdzie:

$$\bar{r}_{TK} = r_T \bar{y}_T + z_T \bar{r}_{SK} = (1+2a/b) \bar{r}_S; \bar{r}_S = y_S \bar{r}_S + z_S \bar{r}_S$$

Określona w oparciu o równanie wektorowe (3) maksymalna wartość promienia trajektorii nazwana „górną” wyniesie:

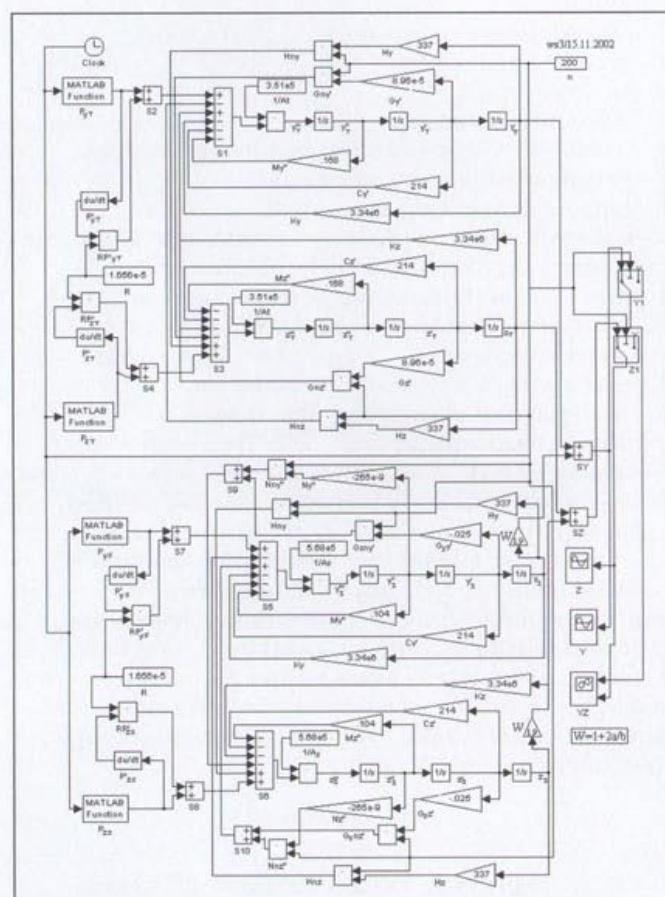
$$r_{gK} = r_K = r_{TK} + r_{SK} \quad (4)$$

Analityczne określenie właściwości łożyska w zespole wrzecionowym możliwe jest tylko dla niektórych przypadków obciążeń. W przypadku obciążeń harmonicznych możliwe jest określenie trajektorii osi geometrycznej czopa oraz charakterystyk amplitudowo-częstotliwościowych [6]. Pozyskanie tych istotnych dla konstruktora informacji jest jednak bardzo trudne i pracochłonne. Wynik analiz teoretycznych ze względu na wcześniej wska-

zane ograniczenia nie jest jednak pełny. Jedną z metod pozwalających na uzyskanie w krótkim czasie pełnej informacji o łożysku i zespole wrzecionowym jest badanie symulacyjne. Do tego celu może być wykorzystany np. program „MATLAB Simulink”. Model symulacyjny z pakietem matematycznym, systemem monitorowania i rejestracji jest odpowiednikiem rozwiązania ogólnego [7]. Bloki elementarne modelu są składnikami lub wielkościami występującymi w równaniach, które można zmieniać przed procesem symulacji.

Model symulacyjny i jego eksploracja

Punktem wyjścia do stworzenia modelu symulacyjnego są równania łożysk w zespole wrzecionowym, które stanowią model matematyczny obiektu analizy. W rozważanym przypadku model symulacyjny zbudowano w oparciu o równania (1), (2) i (3). Model przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4 Model symulacyjny zespołu wrzecionowego

Symulację przeprowadzono dla założenia, że na zespół wrzecionowy działają wymuszenia wynikające z jego niewyważenia oraz obciążeń zakłócających o częstościach drgań swobodnych zespołu [6]. Wzory określające wymuszenia zapisane w blokach „MATLAB Function” są następujące:

$$\begin{aligned} P_{yT} &= P_T \cos 2\pi n_{0T} t + 4\pi^2 m_T r_{mT} n^2 \cos 2\pi n t, \\ P_{zT} &= P_T \sin 2\pi n_{0T} t + 4\pi^2 m_T r_{mT} n^2 \sin 2\pi n t, \\ P_{yS} &= P_S \cos 2\pi n_{0S} t + 4\pi^2 m_S r_{mS} n^2 \cos 2\pi n t, \\ P_{zS} &= P_S \sin 2\pi n_{0S} t + 4\pi^2 m_S r_{mS} n^2 \sin 2\pi n t. \end{aligned} \quad (4)$$

We wzorach (4):

P_T – obciążenie zakłócające powodujące walcową postać ruchu (przyjęto wartość 0,03),

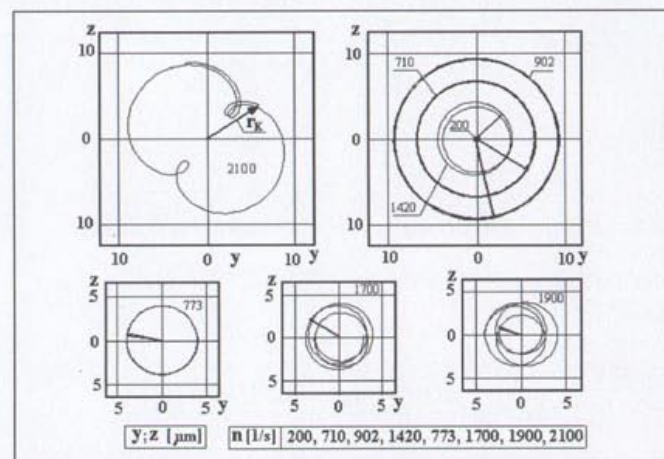
P_S – obciążenie zakłócające powodujące stożkową postać ruchu (przyjęto wartość 0,03),

r_{mT} – równoległe przesunięcie osi masowej w stosunku do osi geometrycznej wrzeciona (oszacowano na wartość 0,75e-6),

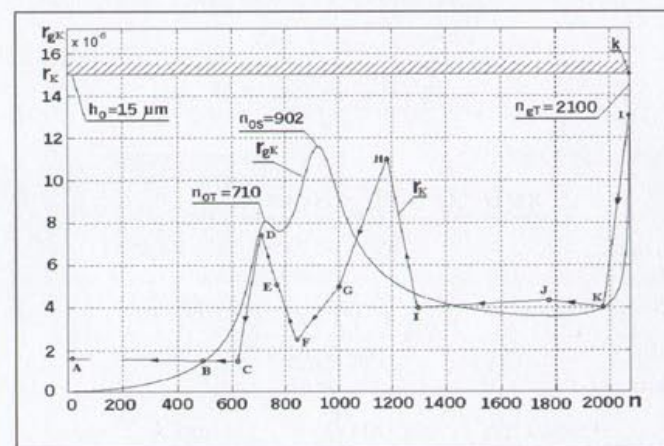
r_{mS} – przeciwne przemieszczenie środków masowych czopów w łożysku przednim i tylnym (przekoszenie osi masowej) w stosunku do osi geometrycznej wrzeciona (oszacowano na wartość 0,75e-6),

– częstości drgań swobodnych zespołu wrzecionowego dla walcowej, stożkowej postaci ruchu osi wrzeciona.

W blokowym modelu symulacyjnym wyróżnić można cztery linie – trzecich, drugich, pierwszych pochodnych przemieszczeń oraz przemieszczeń osi geometrycznej czopa w łożysku zespołu wrzecionowego. Początkiem tych linii są sumatory „S1”, „S3”, „S5” i „S6”, w których dodają się składniki równań modelu matematycznego, do których należą również wymuszenia (4) opisane w blokach „MATLAB Function” (lewa strona schematu). Trajektoria końcówki wrzeciona $\vec{r}_k$ jest monitorowana i rejestrowana w oscyloskopie „YZ” gdzie dodawane są geome-



Rys. 5 Teoretyczne trajektorie ruchu końcówki wrzeciona dla wybranych prędkości obrotowych



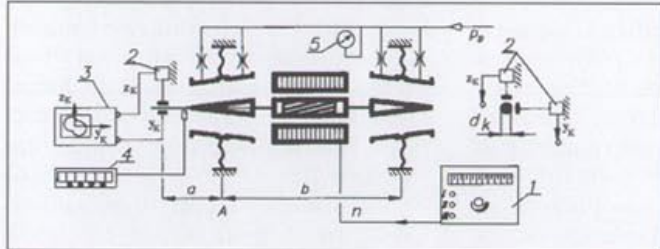
Rys. 6 Teoretyczne i doświadczalne charakterystyki amplitudowo-prędkościowe

trycznie przemieszczenia końcówki wrzeciona w kierunkach y i z . Wielkości te uzyskuje się w wyniku: przetworzenia przemieszczeń w oparciu o rys. 2 i wzór (3), a następnie zsumowania ich w blokach „SY” i „SZ”. Przebiegi $y_k(t)$, $z_k(t)$ są monitorowane i rejestrowane w oscyloskopach „Y” i „Z”. Dla określenia predyspozycji dokładnościowych zespołu wrzecionowego przeprowadzono symulację jego pracy na biegu luzem dla wybranych prędkości obrotowych. Przyjęto, że wskaźnikiem jakości pracy są: kształt trajektorii i wartość modułu wektora $\vec{r}_k$, którego koniec kreśli trajektorię końcówki wrzeciona oraz zależność modułu tego wektora od prędkości obrotowej wrzeciona. Oscylogramy trajektorii końcówki wrzeciona $r_k(n)$ zamieszczono na rys. 5.

Charakterystykę amplitudowo-prędkościową uzyskaną teoretycznie oraz charakterystykę uzyskaną eksperymentalnie zamieszczono na rys. 6.

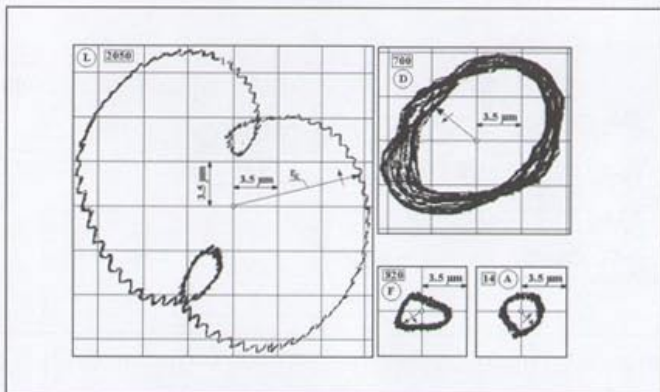
Wyniki badań doświadczalnych

Badania doświadczalne prowadzono na stanowisku, które przedstawiono na rys. 7. Do eksperymentów użyto wrze-



Rys. 7 Schemat zespołu wrzecionowego i układu pomiarowego. 1 – generator prędkości, 2 – czujniki przemieszczeń, 3 – zespół pomiaru i rejestracji przemieszczeń, 4 – obrotomierz, 5 – manometr

ciennika (rys. 1) wykonanego w warunkach przemysłowych dla celów produkcyjnych. Doświadczalnie uzyskane trajektorie osi geometrycznej końcówki wrzeciona r_k dla wybranych prędkości obrotowych (punkty A, D, F, L na charakterystyce doświadczalnej z rys. 6) zamieszczono na



Rys. 8 Doświadczalne trajektorie ruchu końcówki wrzeciona dla wybranych prędkości obrotowych wrzeciona

rys. 8. Na szczególną uwagę zasługuje trajektoria ruchu końcówki dla rezonansowej prędkości obrotowej wrzeciona $n = n_{0T} = 700 \text{ s}^{-1}$ (D) i trajektoria dla prędkości bliskiej prędkości granicznej $n_{kT} = 2050 \text{ s}^{-1}$ (L) [6]. Jak wynika z badań teoretycznych (rys. 5 – trajektorie „ $n_{0T} = 710 \text{ s}^{-1}$ ”, i „ $n_{kT} = 2100 \text{ s}^{-1}$ ”) w przypadku badanego zespołu łożys-

kowego stosunek tych charakterystycznych prędkości wynosi $n_{kT}/n_{0T} \approx 3$. Wskazują na to trajektorie epicykloidalne z dwoma pętlami. Rezultat ten potwierdzają również teoretycznie i doświadczalnie uzyskane charakterystyki amplitudowo-prędkościowe zestawione na rys. 6.

Analiza przedstawionych wyników badań teoretycznych i doświadczalnych wskazuje na pozytywną weryfikację opracowanego modelu matematycznego zespołu wrzecionowego łożyskowanego aerostaticznie.

Literatura

- [1] Krysiński J., Lewandowski D., Socha R.: Wrzeciennik ściernicy do szlifowania otworów łożyskowy powietrznie z napędem turbinowym. Materiały sesyjne z sympozjum z dziedziny obrabiarek i obróbki skrawaniem PŁ. 1970.
- [2] Krępski M., Kwapisz D., Kwapisz L., Lewandowski D., Nowakowski J.: Sprawozdanie z pracy pt. „Banie prototypu elektrowrzeciona $n = 100-140$ tys. obr/min (łożyskowanego aerostaticznie) 1990. CPBP – 02.01. Archiwum Instytutu Obrabiarek i TBM Politechniki Łódzkiej.
- [3] Kwapisz L., Lewandowski D., Socha R., Teodorczyk J.: Patent PRL 93562.
- [4] Lewandowski D. i inni: Sprawozdanie z II etapu pracy pt.: „Rozwiązanie problemu łożyskowania wrzecion szlifierskich z elektrycznym napędem bezpośrednim lub pasowym dla prędkości obrotowych 3-120 tys. obr/min przez zastosowanie łożysk hydro- i aerostaticznych przy współpracy z OBR MIUT Kraśnik 1984”. Archiwum Instytutu Obrabiarek i TBM Politechniki Łódzkiej.
- [5] Lewandowski D.: Wrzeciennik ściernicy szlifierki. Patent PRL nr 112483.
- [6] Lewandowski D.: łożyskowanie aerostaticzne szybkobieżnych zespołów wrzecionowych. ZN nr 753 – Rozprawy naukowe z.228. Politechnika Łódzka 1996
- [7] Lewandowski D.: Model symulacyjny łożyska aerostaticznego. Zeszyty naukowe Politechniki Łódzkiej nr 860/CMP 118. Łódź 2000.
- [8] Lewandowski D., Krępski M.: Aerostaticzne łożyska stożkowe mocowane podatnie – konstrukcja i właściwości. TRIBOLOGIA 1/2002.
- [9] Parszewski Z.: Drgania i dynamika maszyn. WNT Warszawa 1982.

Donat Lewandowski

Instytut Obrabiarek i Technologii Budowy Maszyn
Politechniki Łódzkiej

Abstract

Aerostatic Bearing High Speed Spindle Unit

The present paper contains a treatment of the existing design solution. The physical and mathematical model of this solution are presented. There is also simulation model developed for this design. Results of theoretical deliberations were confirmed in the experience way.

Układy pneumohydrauliczne w samolotach

Łukasz N. Węsierski

Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza jako jedna z instytucji Doliny Lotniczej prowadzi prace badawcze z zakresu konstrukcji, wyposażenia i sterowania samolotów. Istotnymi elementami wyposażenia samolotu są układy pneumatyczne i hydrauliczne, a jedną ze szczególnych cech, zwiększających ich niezawodność, jest połączenie tych układów w jeden system, w którym układ hydrauliczny jest podstawowym, a pneumatyczny awaryjnym, a zasilają te same elementy wykonawcze.

Wymagania stawiane tym układom są większe niż dla typowych układów pneumatyki i hydrauliki. Jest to związane z odpowiedzialnością tych układów za bezpieczeństwo lotów i dlatego układy są niejednokrotnie dublowane oraz mają możliwość ręcznego sterowania, jak np. układy sterowania chowaniem i wypuszczaniem podwozia, stożkiem wlotowym czy wychylaniem klap. W samolotach odrzutowych ze względu na pracę w szerokim zakresie temperatur układy hydrauliczne muszą też uwzględniać rozszerzalność oleju hydraulicznego wraz ze wzrostem temperatury.

Poniżej zostaną omówione wybrane, charakterystyczne dla zastosowań lotniczych układy pneumatyczne i hydrauliczne oraz niektóre elementy w nich stosowane na przykładzie dwóch samolotów: MiG -21 i Iskra TS-11. Starano się użyć nomenklatury stosowanej w literaturze dotyczącej pneumatyki i hydrauliki ogólnego stosowania, mimo iż w lotnictwie stosuje się dość specyficzne nazewnictwo znacznie odbiegające od powszechnie stosowanego.

Układy hydrauliczne

Układy hydrauliczne służą do napędu i sterowania wieloma podstawowymi

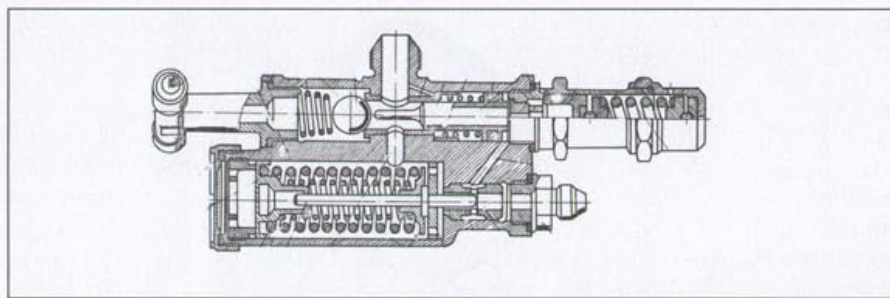
podzespołami samolotu wykorzystywanymi podczas startu, lotu i lądowania, do których zaliczyć można:

- stożek tunelu wlotowego,
- zasłonki przeciwpompażowe,
- mechanizmy chowania i wychylania klap,
- mechanizmy chowania i wypuszczania podwozia,
- układy hamowania kół podczas chowania podwozia,
- hamulce aerodynamiczne,
- przysłaniacze dyszy wylotowej.

Powyższe funkcje realizuje się w tak zwanej głównej instalacji hydraulicznej. Stosowana jest również rezerwowa, oddzielna instalacja, którą jest układ hydrauliczny przeznaczony do zasilania wzmacniaczy sterujących lotkami i statecznikami poziomym. Przy czym samo zasilanie wzmacniaczy lotek jest zdublowane przez układ główny. Układy hydrauliczne są sterowane elektrycznie lub mechanicznie (dźwigniami).

Zbiornik cieczy roboczej – oleju (najczęściej mineralnego AMG-10), podzielony jest na dwie komory, oddzielne pojemniki oleju dla każdej z tych dwóch instalacji. Każda z komór podzielona jest przegrodą, w której znajdują się dwa zawory

czy pompy sterowany ciśnieniem wyjściowym. Przy wzroście ciśnienia do 215 barów następuje wyzerowanie wydatków pomp. W niektórych samolotach, np. Iskra TS-11, stosowane są pompy zębate (wydatek 8 l/min, ciśnienie robocze 140 barów). W układzie wykorzystywany jest zawór maksymalny – automatycznego rozładowania, który przełącza pompę hydrauliczną na bieg jałowy przy wzroście ciśnienia powyżej nominalnego, gdy nie pracują urządzenia wykonawcze. Przy spadku ciśnienia do 100 barów następuje automatyczne przełączenie na bieg roboczy. Schemat takiego zaworu pokazany jest na rys. 1. W obwodzie głównym znajduje się akumulator hydrauliczny (azotowy o ciśnieniu wstępnym 50 barów). Dodatkowo w układzie zasilania wzmacniaczy sterowania lotkami, ze względu na bezpieczeństwo lotu, zainstalowana jest pompa awaryjna o stałym wydatku, włączana w przypadku spadku ciśnienia w tym odcinku instalacji. Podczas obsługi naziemnej, gdy silnik nie pracuje i pompa nie jest napędzana, zasilanie układu hydraulicznego następuje z zewnętrznej pompy naziemnej przez specjalny łącznik.



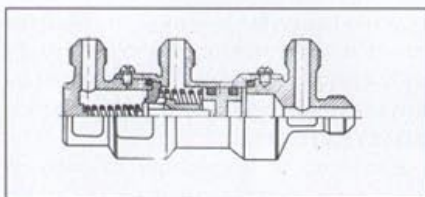
Rys. 1 Schemat zaworu maksymalnego (automatycznego rozładowania)

otwierane sprężynami o różnych charakterystykach, by zapewnić ciągły dopływ oleju do pomp, bez względu na położenie samolotu. Elementami zasilania dla tych dwóch instalacji (samolot Mig-21) są pompy wielotłoczkowe o wydatku 38 l/min przy ciśnieniu 180 barów. Pompy wyposażone są w regulator kąta ustawienia tar-

Układ sterowania stożkiem dyfuzora wlotowego jest układem nadążnym i położenie stożka jest zależne od stopnia sprężania ϵ , czyli stosunku ciśnień za sprężarką i przed sprężarką. Układ wyposażony jest w dwa zawory odcinające tworzące tak zwany zamek hydrauliczny, zapewniający unieruchomienie tłocznika siłownika stoż-

ka w takim położeniu, w jakim znajdował się w momencie spadku ciśnienia. Układ ten stanowi jeden podzespół z układem sterowania zasłonkami przeciwpompażowymi, których kąt odchylenia zależy od prędkości lotu samolotu i położenia dźwigni sterowania silnikiem. W przypadku awarii istnieje możliwość ręcznego sterowania wysunięciem stożka.

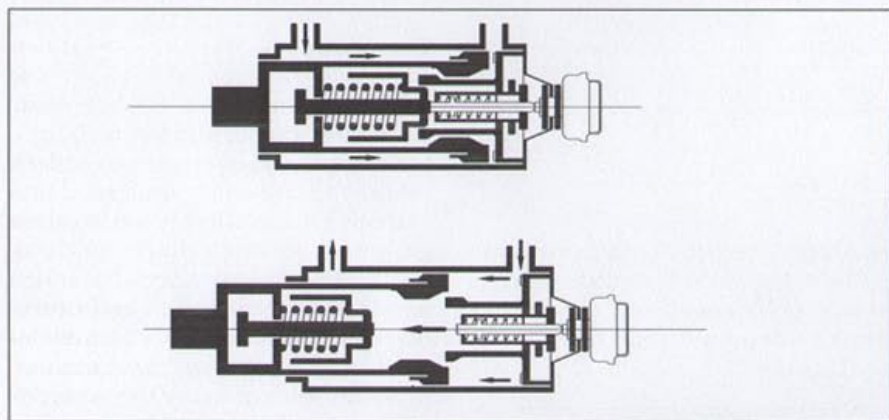
Układ sterowania klapami zapewnia położenia klap odpowiadające: schowanym kłom oraz wysuniętym – w położeniu startowym (wysunięcie 25°) i do lądowania (wysunięcie 45°). Umożliwia też zmianę wychylenia klap w zależności od prędkości lotu. Podstawowym elementem jest siłownik mający trzy położenia robocze, będący siłownikiem dwustronnego działania z wbudowanymi szeregowo: siłownikiem jednostronnego działania spełniającym rolę elementu napędza-



Rys. 3 Schemat zamka hydraulicznego

napędzającym hamulce aerodynamiczne zamek działa przy wysuniętym tłoczysku siłownika. Oprócz tego zabezpieczenia w tych układach stosowane są również zamki hydrauliczne, które odcinają możliwość odpływu cieczy z siłowników przy braku zasilania, a otwierają odpływ przy zasilaniu przeciwnej komory siłownika. Schemat takiego zaworu – zamka pokazuje rys. 3.

Ponieważ siłowniki napędzające elementy wysuwania podwozia działają równolegle, to w układzie zastosowano synchronizatory ruchu, które



Rys. 2 Schemat siłownika hydraulicznego napędzającego klapy

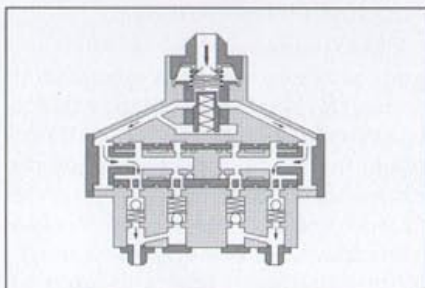
jącego rygiel i czujnikiem położenia pośredniego. Położenia te są uzyskiwane przez zastosowanie tak zwanego zamka hydraulicznego – odcinającego siłownik od zasilania i zlewu.

Układ sterowania podwoziem służy do chowania i wypuszczania goleni głównych i przedniej oraz do otwierania i zamykania osłon kół głównych. Elementami wykonawczymi są siłowniki hydrauliczne, które można odciąć od zasilania i zlewu, oraz zawory kolejności łączenia, które gwarantują odpowiednią kolejność włączania elementów napędowych goleni podwozia.

Siłowniki hydrauliczne napędzające zarówno klapy, jak i elementy podwozia są wyposażone w elementy mechaniczne (tzw. zamki) do unieruchamiania tłoczyska siłownika w położeniu wsuniętym i uniemożliwiania wysunięcia przy braku ciśnienia w układzie napędowym, co pokazano na schemacie na rys. 2. Przy siłowniku

zapewniają wysuw obu stron podwozia z jednakową prędkością. Schemat działania takiego synchronizatora przedstawiono na rys. 4.

Układ sterowania hamulcami aerodynamicznymi jest typowym układem hydraulicznym, w którym zastosowano zawory zwrotne w celu zabezpieczenia przed samoczynnym wychyleniem kłap. Posiadają one wyłączniki termiczne, które powodują redukcję



Rys. 4 Schemat synchronizatora hydraulicznego

ciśnienia w przypadku jego wzrostu na skutek cieplnej rozszerzalności oleju. Dodatkowym elementem jest zawór umożliwiający połączenia komór siłowników hydraulicznych podczas obsługi i przeglądów.

Pozostałe elementy układów hydraulicznych, takie jak: filtry, zawory zwrotne, zawory rozdzielające, zawory odcinające, zawory bezpieczeństwa, nie odbiegają od typowych elementów hydrauliki.

Układy pneumatyczne

Sprężone powietrze wykorzystywane jest w bojowym samolocie naddźwiękowym MiG-21 oraz samolocie Iskra TS-11 między innymi w układach napędowych i sterujących do:

- hamowania kół podwozia,
- hermetyzacji osłony kabiny,
- sterowania spadochronem hamującym,
- zrzucania rakietowych przyspieszaczy startowych,
- zasilania instalacji przeciwbłędzeniowej,
- sterowania układem chłodzenia przedziałów.

Te funkcje realizowane są przez układ główny. Stosowany jest też dodatkowo, niezależny od głównego, układ pneumatyczny, który wykorzystywany jest przy awaryjnym wypuszczeniu podwozia i awaryjnym hamowaniu kół podwozia.

W zasadzie elementy układów pneumatycznych są podobne do standardowych, natomiast istotną różnicą jest to, że układ zasilany jest ze zbiorników powietrza gromadzących medium robocze pod wysokim ciśnieniem i stąd niezbędna jest dodatkowa redukcja do ciśnienia roboczego. Zbiorniki napełniane są z zewnętrznej sprężarki odpowiednio przygotowanym powietrzem, a w układzie na pokładzie samolotu nie ma elementów uzdatniania powietrza i smarowania. W niektórych obwodach powietrze uzyskiwane jest ze sprężarki silnika. Drugą istotną różnicą jest wykorzystywanie sprężonego powietrza w instalacji hydraulicznej w przypadku awarii układu hydraulicznego.

Zbiorniki powietrza napełniane są do ciśnienia 110–130 barów przed lotem z lotniskowej sprężarki przez zespół wejściowy wyposażony w filtr, zawór zwrotny manometr i dwa zawory wejściowe układu głównego i awaryjnego. W układzie głównym są 2 zbiorniki kuliste, jeden cylindryczny

i 2 zbiorniki usytuowane w goleniach podwozia łącznej objętości 12,86 l. Ciśnienie powietrza przed doprowadzeniem do instalacji redukowane jest do wartości 50 barów. W instalacji awaryjnej są 2 zbiorniki kuliste o łącznej pojemności 2,6 l.

Układ hamowania zapewnia skrócenie dobiegu samolotu podczas lądowania i umożliwia manewrowanie samolotem po lotnisku w trakcie koło-

tu po wyhamowaniu samolotu. Tęczy- ności wykonywane są przez prosty układ pneumatyczny. Podobnie dzia- ła układ zrzutu rakietowych przyspie- szaczy startowych.

Elementy wykorzystujące strumień powietrza zastosowane są w układzie zdmuchiwanie warstwy przyściennej z klap (tzw. układ SPS). Zwiększa się wtedy efektywność klap, zwiększając współczynnik siły nośnej,

Przedziały kadłuba z urządzeniami elektronicznymi do prędkości $Ma = 1,35$ są chłodzone powietrzem przepływa- jącym przez tunel, a przy wyższych prędkościach nie ma przepływu po- wietrza.

Podsumowanie

Układy pneumatyczne i hydrauliczne w samolotach są podstawowymi ukła- dami samolotów i pełnią zasadniczą rolę w użytkowaniu samolotów. Ze względu na bezpieczeństwo lotu muszą się charakteryzować dużą niezawodnością działania. Z tego też względu stosowane przewody w instalacji są metalowe i wszystkie złącza gwintowe wykonane z materiałów odpornych na korozję.

Pneumo-hydraulic systems in planes

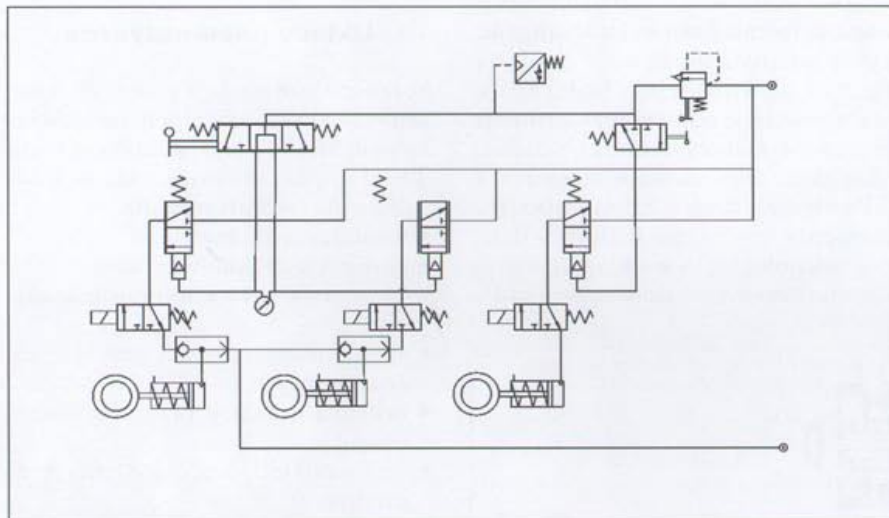
Summary

The paper presents a review of selected pneumatic and hydraulic systems, applied in equipment of a plane for driving and controlling such sub- systems as, e.g. aileron, undercarriage, wheel breaks, aerodynamic brakes, landing flap etc. Special attention is paid to those characteristic features of systems and elements, which distinguish them among typical ones, as well to possibilities of use of the same driving elements as hydraulic and pneumatic ones.

Literatura

- [1] Matwiejenko A. M., Bjekasowa W. I.: *Sistemy oborudowanija ljetatelnych apparatow. Maszynostrojenije, Moskwa 1986.*
- [2] Łakomy M., Rusek Z., Świętoń W.: *Budowa i eksploatacja samolotu 96A-WOSL, Dęblin 1993.*
- [3] Węsierski Ł.: *Elementy i układy pneumatyczne. Wydawnictwo AGH, Kraków 1995.*

prof. nadzw. dr hab. inż.
Łukasz N. Węsierski
Politechnika Rzeszowska
w Rzeszowie



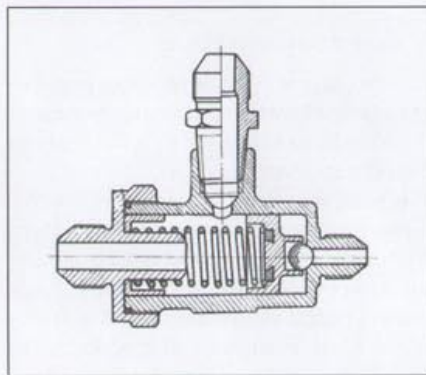
Rys. 5 Schemat układu pneumatycznego hamowania

wania. Sterowanie jest dwustopniowe, a ciśnienie w układzie sterowania (0 – 10 barów) zależne od nacisku na dźwignię. Drugi zawór uruchamiany sterownicą nożną (wychylenie -15° – $+15^\circ$) rozdziela powietrze zasilające i zapewnia niezależne hamowanie prawego i lewego koła. Trzeci dwupołożeniowy zawór sterowany ręcznie umożliwia sterowanie hamowaniem koła przedniego. W instalacji znajduje się też wyłącznik układu samoczynnego odhamowania kół włączany przy ciśnieniu w układzie 0,7 bara. Bezpośrednio przed hamulcami są usytuowane wzmacniacze (zwane przyspieszaczami), realizujące funkcje zaworów 3/2 wzmacniające ciśnienie sterujące do 20 barów. Schemat układu pneumatycznego hamowania przedstawiono na rys. 5.

Układ odlodzeniowy służy do usuwania oblodzenia z przedniej szyby nieruchomej części osłony przez rozpryskiwanie na jej powierzchni spirytusu. Składa się ze sterowanego przyciskiem zaworu redukcyjnego (do ciśnienia 3 barów).

Sterowanie spadochronem hamującym następuje po naciśnięciu przycisku w kabinie pilota i polega na otwarciu osłon wnęki w celu wypuszczenia spadochronu hamującego i jego zrzutu

zmniejszając prędkość lądowania o 20 – 30 km/godz. Powietrze do tego układu pobierane jest z za sprężarki silnika i doprowadzane do szczelin nad klapami.



Rys. 6 Schemat zaworu przełączającego pneumohydraulicznego

Układ pneumatyczny, wykorzystywany przy awaryjnym wypuszczaniu podwozia i klap, jest zasilany z dodatkowego układu zasilanego z butli awaryjnej przez zawór przełączający pokazany na rys. 6. W układzie jest wtedy zastosowany również zawór odpowietrzający, który służy do odpowietrzenia instalacji hydraulicznej po awaryjnym wypuszczeniu podwozia lub klap.

Metoda zwiększania przepływu przez sprężarkę drogą zabudowy dmuchawy doładowującej

Artykuł zawiera opis metody zwiększania przepływu przez sprężarkę przepływową drogą zabudowy na jej ssaniu dmuchawy doładowującej (ang. „booster”). Opierając się na rzeczywistym przykładzie, opisano modernizację sprężarki metodą doboru booster, jego wymagane parametry oraz właściwości zespołu booster-sprężarka.

Sprężarki przepływowe, a zwłaszcza tzw. procesowe, czyli pracujące w instalacjach chemicznych, z uwagi na swoją długowieczność podlegają często procesom modernizacji (tzw. retrofit lub revamp, por. [1]).

Klasyfikacja procesów modernizacji była już opisywana w [3] przez autorów niniejszego artykułu.

Jeżeli rozpatrzmy równanie ciągłości, to w odniesieniu do stopnia sprężarki możemy je zapisać następująco:

$$\dot{m} = \rho_A \bar{c}_m A$$

gdzie:

$\bar{c}_m$ – jest to umowna składowa merydionalna przepływu,

A – powierzchnie przepływowe (umowne),

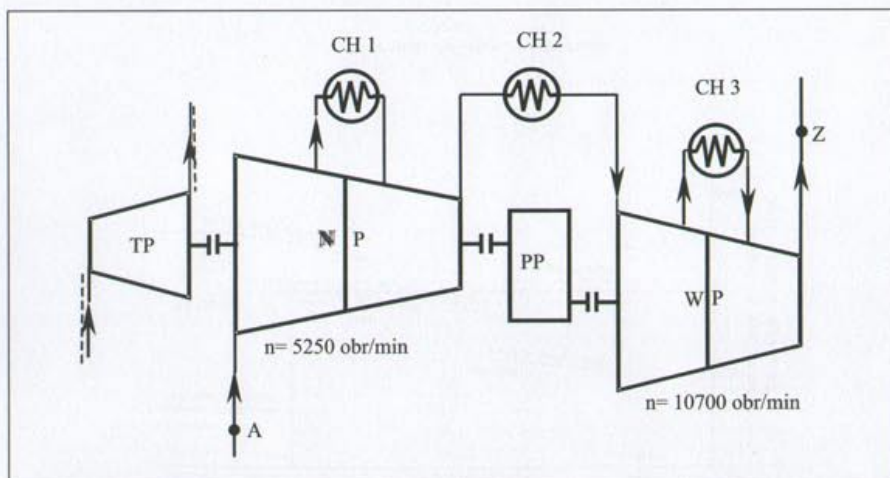
ρ_A – gęstość czynnika na ssaniu.

W związku z tym rozróżniamy trzy podstawowe możliwości zwiększania przepływu przez sprężarkę (por. [2], [3]). Są to:

- zwiększenie powierzchni przepływu (czyli w praktyce poszerzenie kół wirnikowych lub/i zwiększenie ich średnicy),
- zwiększenie częstości obrotów,
- zwiększenie gęstości czynnika na ssaniu.

Czwartą możliwością jest zmiana kinematyki sprężarki, co jest jednak uwarunkowane licznymi ograniczeniami.

Niniejszy artykuł poświęcony jest modernizacji zespołu sprężarkowego,



Rys. 1 Schemat technologiczny modernizowanej powietrznej sprężarki promieniowej: TP – napędowa turbina parowa, NP – kadłub niskoprężny, WP – kadłub wysokoprężny, PP – przekładnia przyspieszająca, CH 1,2,3 – międzysekcyjne chłodnice powietrza, A, Z – ssanie i tłoczenie sprężarki

polegającej na zwiększeniu gęstości na ssaniu poprzez zabudowę dmuchawy doładowującej. Należy zaznaczyć, że ten sposób modernizacji jest bardzo rzadko stosowany w polskim przemyśle.

Przedmiot modernizacji

Przedmiotem planowanej modernizacji jest sprężarka promieniowa sprężająca powietrze, zainstalowana w jednym z europejskich zakładów azotowych. Sprężarka ta w punkcie nominalnym (*rated point*) charakteryzuje się sprężem $P = 37,73$ przy przepływie $55164 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ($15,323 \text{ Nm}^3/\text{s}$, warunki odniesione do 0°C , powietrze suche). Sprężarka napędzana jest turbiną parową o mocy $11\,290 \text{ kW}$ (*rated power*) przy 5250 obr/min (maksymalna ciągła częstość obrotów 5500 obr/min).

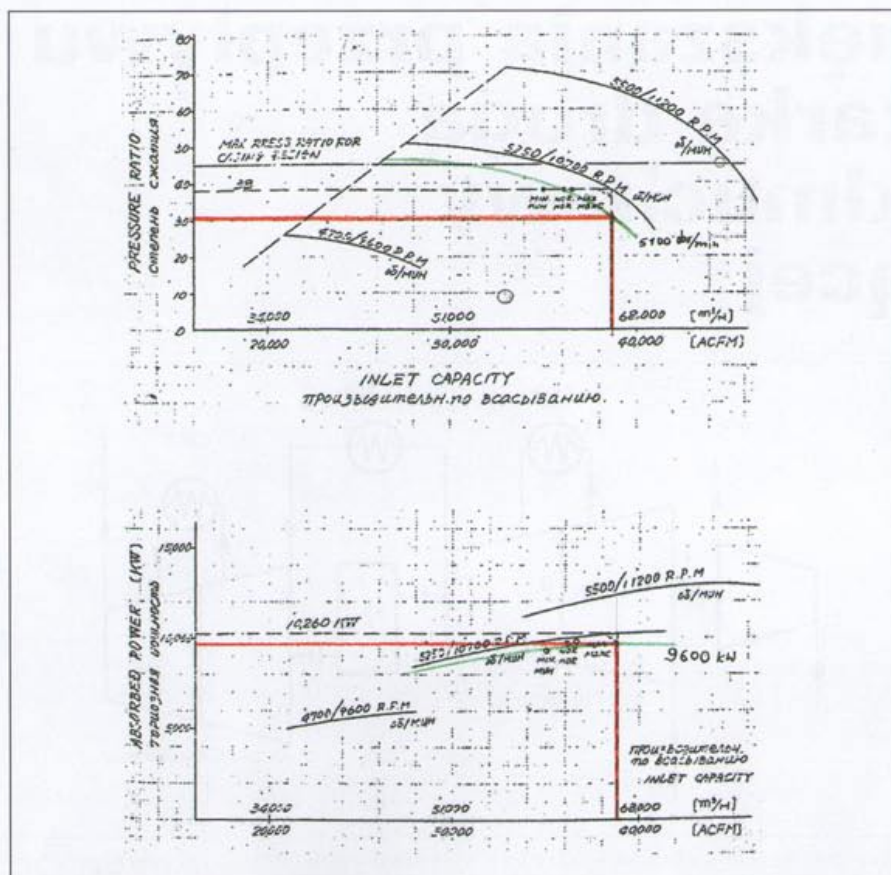
Schemat funkcjonalny sprężarki przedstawiono na rys. 1.

Z uwagi na wysoki spręż oraz duży strumień objętości na ssaniu rozpatrywana sprężarka jest obiektem dość skomplikowanym. Jest to przede wszystkim maszyna dwukadłubowa (dwie osobne części NP i WP), przy

czym oba kadłuby są rozdzielone przekładnią przyspieszającą. W związku z tym częstość obrotów części NP (5250 obr/min – taka jak turbiny parowej) jest niższa od częstości obrotów części WP, równej $10\,700 \text{ obr/min}$. Każdy z kadłubów ma osobną chłodnicę międzysekcyjną, taka sama chłodnica umieszczona jest pomiędzy kadłubami. W związku z tym, z termodynamiczno-przepływowego punktu widzenia sprężarka zbudowana jest z czterech sekcji sprężania.

Zlecniodawca zażądał zwiększenia przepływu przez sprężarkę o 14% (przepływ rośnie z $55\,164$ do $63\,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ powietrza suchego), ustalając ponadto jako warunki projektowe tzw. warunki letnie, to jest temperaturę zasysanego powietrza $29,5^\circ\text{C}$ ($302,65 \text{ K}$) i wilgotność równą 45% . Oznacza to strumień masy na ssaniu sprężarki równy $82\,435 \text{ kg/h}$ ($22,8986 \text{ kg/s}$).

Już wstępna analiza wykazuje, że maksymalna dopuszczalna moc turbiny nie wystarcza do napędu sprężarki przy zakładanych parametrach projektowych. Przybliżone nowe zapotrzebowanie mocy turbiny wynosi ok. $12\,234 \text{ kW}$. A zatem niezależnie od przyjętego sposobu zmian układu prze-



Rys. 2 Charakterystyka zbiorcza sprężarki. Warunki ssania: ciśnienie 0,951 bara, temperatura 302,65 K

plywowego konieczna byłaby wymiana lub modernizacja turbiny. Wiąże się to oczywiście

- z bardzo wysokimi kosztami kupna nowej bądź modernizacji starej turbiny,
- z relatywnie długim okresem przestoju instalacji.

Dlatego też zastosowanie dmuchawy doładowującej wydaje się najlepszym rozwiązaniem, ponieważ:

- nie musimy wprowadzać zmian w układzie przepływowym sprężarki,
- pozostawiamy cały zespół napędu (turbina + układ regulacji) bez zmian,
- możliwa jest zabudowa boostera bez zatrzymywania całej instalacji.

Dobór dmuchawy doładowującej

Rozpatrzmy teraz metodykę doboru parametrów dmuchawy, wykorzystując do tego celu charakterystykę zbiorczą rozpatrywanej sprężarki. Charakterystyka ta, zamieszczona na rys. 2, przedstawia zależność sprężu całego zespołu sprężarkowego w funkcji strumienia objętości mierzonego w warunkach ssania. Na charakterystyce naniesiono projektowy punkt pra-

cy sprężarki, odpowiadający częstotliwości obrotów $n = 5250$ obr/min.

Warunkiem poprawnej pracy stopnia sprężarkowego (a więc i całej sprężarki) jest zapewnienie bezuderzeniowego napływu na łopatki koła wirnikowego, co w naszym przypadku oznacza zachowanie dotychczasowego strumienia objętości na ssaniu sprężarki. Obecnie jest on równy $\dot{V} = 65\,113$ m³/h (18,0869 m³/s). Ponieważ żądamy nowego strumienia masy $\dot{m} = 22,619$ kg/s, to wymagana nowa gęstość czynnika na ssaniu wynosi $\rho_A = 22,619 / 18,0869 = 1,2508$ kg/m³. A zatem taka musi być gęstość czynnika na wylocie z boostera.

Elementarne obliczenia termodynamiczno-przepływowe boostera, przeprowadzone przy założeniu jego sprawności izentropowej wewnętrznej na poziomie 0,79, pozwoliły na określenie wymaganego sprężu w wysokości $\Pi_B = 1,23$. Moc wewnętrzna boostera równa jest ok. 530 kW, konstrukcyjnie jest to jednostopniowa dmuchawa promieniowa, raczej o napędzie wprost (bez przekładni, $n = 3000$ obr/min) silnikiem elektrycznym. Z uwagi na ryzyko związane z dopasowaniem obu maszyn zalecana byłaby za-

budowa nastawnych łopatek kierujących na wlocie.

Ponieważ wymagany spręż całego zespołu booster-sprężarka jest taki sam jak obecnie, to nowy spręż sprężarki możemy obliczyć następująco: $P' = 37,74 / 1,23 = 30,683$. Oznacza to, że sprężarka pracować będzie teraz przy niższej częstotliwości obrotów $n' = 5100$ obr/min. Nowy punkt pracy naniesiony jest na charakterystyce sprężarki (por. rys. 2). Ponieważ dotychczasowy pobór mocy na sprzęgle sprężarki dla nominalnego strumienia objętości wynosi wg paszportu maszyny $P_s = 10260$ kW przy 5250 obr/min (moc maksymalna dla tych obrotów – 11290 kW – *rated power*), to nowy pobór mocy wyznaczamy następująco: $P_s' = k_p P_s (n'/n)^3 = 1,14 \times 10260 \times (5100/5250)^3 = 10720$ kW. Współczynnik $k_p = 1,25 / 1,0956$ oznacza tu stosunek gęstości na ssaniu sprężarki nowej i projektowej. Uzyskana wartość poboru mocy oznacza, że turbina będzie nieznacznie przeciążona.

W powyższym rozumowaniu tkwi pewna nieścisłość. Otóż gdyby sprężarka napędzana była silnikiem elektrycznym, to rzeczywiście dobór boostera odbywałby się tak, jak opisano – konieczna byłaby jednak wymiana silnika na mocniejszy, a ponadto prawdopodobnie konieczny byłby demontaż ostatniego stopnia części WP w celu utrzymania sprężu na dotychczasowym poziomie. Jednak w naszym przypadku zmniejszyliśmy częstotliwość obrotów o ok. 2,8%, zmalał zatem i strumień objętości odpowiadający optymalnemu napływowi. W drugim kroku doboru boostera należy zatem wprowadzić odpowiednią korektę – wymagana nowa gęstość na tłoczeniu wzrosłaby do 1,285 kg/m³. Obliczony nowy skorygowany spręż boostera wynosi 1,282, a nowy pobór mocy – ok. 640 kW.

Podsumowanie

Zalety metody zwiększania przepływu przez sprężarkę drogą stosowania dmuchawy doładowującej ujawniają się jednak najbardziej w przypadku sprężarek procesowych, a zwłaszcza w odniesieniu do bardzo dużych jednostek. Ale i dla małej sprężarki, o ile dysponujemy wystarczającym zapasem mocy silnika, możemy stosunkowo prosto uzyskać wyraźne (kilkuprocentowe) przyrosty przepływu przez sprężarkę.

Istotnymi ograniczeniami tego sposobu revampu sprężarek są:

- konieczność posiadania nadmiaru mocy napędu (lub w przypadku silnika – konieczność jego wymiany na większy),
- konieczność dysponowania odpowiednią przestrzenią w hali maszyn,
- odpowiedni zapas wytrzymałości korpusów maszyn (zwłaszcza części NP) oraz chłodziw.

Ten ostatni warunek sprowadza się do nieprzekraczania dopuszczalnych ciśnień dla wszystkich elementów ciśnieniowych.

Charakterystycznym dla revampu sprężarek problemem są temperatury czynnika na wylocie z chłodziw. Wzrost strumienia masy oznacza przecież większe obciążenie cieplne chłodziw, a więc mogą się pojawić kłopoty z wyższymi temperaturami na wlocie do kolejnych sekcji. Należy tu nadmienić, że dla sprężu boostera rzędu 1,23–1,28 dyskusyjna jest zabudowa chłodziwa na jego wylocie z uwagi na niskie temperatury tłoczenia; w naszym przypadku jedynie 330,5K (57,3°C).

Należy sądzić, że ta technika revampu sprężarek znajdzie również szersze zastosowanie w krajowym przemyśle.

Literatura

- [1] Klonowicz W.: *Strengths & Weaknesses of the Customised Turbocompressor Modernisation*, *Ciepne Maszyny Przepływowe – Turbomachinery*, nr 115, str. 211–215. 1999.
- [2] Ludtke C.: *Rerate of Centrifugal Compressors – an Alternative for Production Increase and Efficiency Improvement*, *Borsing-Babcock Publication*, 1995. *Ciepne Maszyny Przepływowe – Turbomachinery*, nr 108, str. 239–251. 1982.
- [3] Krytłowicz W., Borzęcki T., Magiera R.: *Problematyka modernizacji sprężarek przepływowych*. *Pneumatyka*, nr 3, str. 48–50. 2005.
- [4] Krytłowicz W., Hanusek P., Janczak S.: *Aspekty konstrukcyjne oraz przepływowe modernizacji sprężarki promieniowej EKD*. *Ciepne Maszyny Przepływowe – Turbomachinery*, nr 116, str. 70–77. 2000.
- [5] Krytłowicz W., Hanusek P., Magiera R.: *Modyfikacja promieniowej ssawy koksowniczej typu TG7 NAM/3*. *Ciepne Maszyny Przepływowe – Turbomachinery*, nr 119, str. 87–98. 2001.

Method for increasing a flow in the compressor with a booster

A description of the method for increasing a flow in the compressor with a booster installed on the blower suction is presented. On the basis of the real example, a modernization of the compressor through a selection of the booster, its required parameters and the booster-compressor unit characteristics have been presented as well.

Radomir Magiera,
Władysław Krytłowicz
Politechnika Łódzka
Instytut Maszyn Przepływowych
BA@nso.pl

MARK TECHNIKA SPRĘŻANIA I UZDATNIANIA POWIETRZA



Osuszacze ziębnicze serii MDX

Rozbudowany typoszereg
od 0,35 do 35 m³/min

Niezawodne i energooszczędne

W standardzie sterowany
czujnikiem poziomu ekologiczny
spust kondensatu typ ECD

Separatory oleju z kondensatu
FOD o unikatowej konstrukcji

Wysokiej klasy filtry odpylające
i odolejające o różnorodnym
stopniu filtracji

- Sprzedaż i serwis w Polsce wyłącznie przez partnerów MARK
- Korzystne warunki współpracy dla dystrybutorów
- Zapraszamy do Renomowanego Klubu Sprężonego Powietrza

MARK POLSKA
Al. Krakowska 61A
Sękocin Nowy
05-090 Raszyn

tel.: +48 22 720 96 00
fax: +48 22 720 96 02
e-mail: info@mark-polska.pl
www.mark-compressors.com



Gravitational and Fluid Compression Capacitance in Microfluidics

Václav Tesař, Kazimierz Peszyński

The article given below is a further work of 'Capacitance in Microfluidics' developed by the same authors and found in bimonthly *Pneumatyka* 2/57/2006. The first part concerned general principles of fluid (liquids and gases) accumulation mechanics in microfluidic circuits. Basic phenomena affecting capacitance in microfluidic technology: compressibility, gravity, elasticity, capillarity, deformability as well as low- and high-pass filters design principles were presented. This article covers a detailed description of gravitational and fluid compression capacitance. Mathematical capacitance models are given and the effect of capacitances on different microfluidic circuit types is discussed.

Gravitational capacitance

This is a principle more typical for large scale fluidics - though its use in liquid processing microdevices is not uncommon. Common at small scales is the use for storing the supply of a liquid before its entering the functional cavities. The storage cavities are

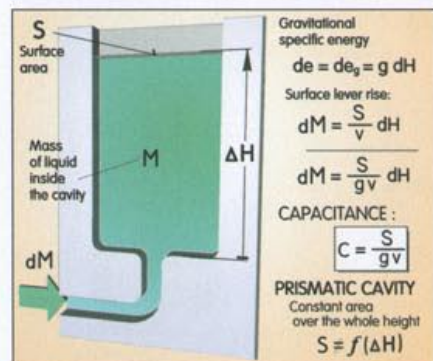


Fig. 1 Liquid accumulation performed by the accumulation chamber

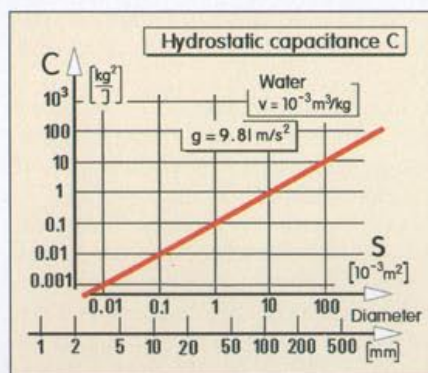


Fig. 2 Order-of-magnitude values of the gravitational capacitance in typical microfluidic devices

sometimes simply made by drilling a vertical hole at the entrance part of the body, into which the liquid is input by means of a syringe. Also the processed liquid at the output side may be stored in a similar manner.

In its most common version, that of constant section (prismatic) vertical accumulation cavity, the storage characteristic (Fig. 1) is linear and very easy to evaluate, as shown in Fig. 1. Obviously, a larger cross section S of the storage cavity leads to a larger magnitude of the resultant capacitance – an expected fact with the capacitance being the measure of the capability to accumulate the working fluid. The presence of the ratio S/v in the resultant expression for the capacitance is very typical for all characterisation quantities. The gravity acceleration g in the expression should not obscure the fact that very effective variant of this storage principle is offered in rotating microfluidic circuits, with flows driven by the centrifugal action. The acceleration magnitudes may be many times higher than the Earth surface gravity acceleration value $g = 9.81 \text{ m/s}^2$. With a given liquid (which, with the exception of mercury, tend to have specific volumes mutually very similar) and the usual stationary gravity action, the only variable to select when designing this type of accumulation is usually the cross section area S .

Typical smallest cross section areas S in microfluidic devices are of the order of $1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ – even smaller sizes are possible, but the result is the combined principle of Fig. 7 [8], with overwhelming influence of capillarity. The diagram in Fig. 2 is included to provide an idea this storage principle. Typical magnitudes of C are of the order of 0.1 J/kg^2 . This is by many decimal orders more than offered by other principles, with the nearest competitor being the surface tension principle.

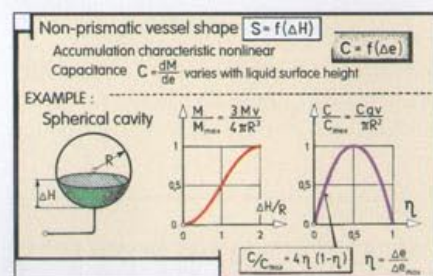


Fig. 3 With non-prismatic storage vessels the gravitational capacitance device becomes non-linear. The diagrams show variations of the stored liquid mass M and the corresponding variations in the value of the capacitance C . This may be perhaps used to compensate an opposite non-linearity of some other simultaneously used capacitance principle

Existing variations of devices using this storage principle are the non-prismatic vessels, Fig. 3, and a system of several cavities filled in parallel, in which case their surface areas S are simply summed to obtain the resultant overall capacitance value.

Fluid compression capacitance

Although extremely simple to manufacture, this principle is more difficult to evaluate. This is a non-linear mechanism, its computation (as will be stated for compressibility effects in another context) is made difficult due to the additional degrees of freedom.

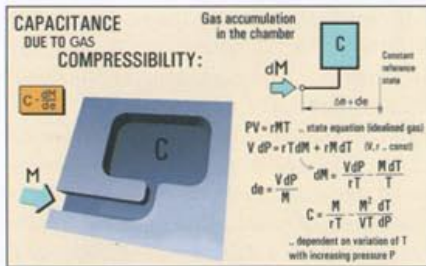


Fig. 4 Gas accumulation in a constant-volume chamber evaluated on the basis of the equation of state $Pv = rT$. The capacitance depends on the slope of temperature rise dT/dP

Accumulation of gas: The variations of the fluid specific volume v are dependent not only on pressure but also on temperature. The derivation in Fig. 4 applies the equation of state $Pv = rT$ to the total mass M of the gas in the cavity, $PV = M rT$ and uses as the constraint the condition of constant cavity volume V (obviously, any combinations with the elastic mechanism, Figs 8, 9, calls for a corresponding adaptation of this approach). The resultant conclusion is the dependence of the evaluated capacitance on the interconnection between variations dT of gas temperature and the pressure rise dP . This is determined by the opportunity the gas is given for exchanging heat with its surroundings. The simplest situation is states as a) in Fig. 5. If the processes in the cavity are very slow (and there is ample wall surface within reach), any change in gas temperature gives rise to gradient transport of enthalpy in the direction of reaching the equilibrium state of constant temperature T everywhere. The resultant expression for the capacitance is $C = M/rT$. The nonlinearity is due to the accumulated mass change dM being dependent on the mass M already stored. The specific ener-

gy (and pressure) difference raises exponentially, the storage a characteristic is of the „stiffening” type.

Accumulation by processes so slow is rather exceptional. More often, fluidic capacitive elements are used for adjusting dynamic processes, where the gas state changes tend to be fast.

The extreme case is the adiabatic state change $P\varrho = \text{const}$ with no heat transfer at all. This, as derived in Fig. 5, leads to a smaller value of the capacitance $C = M/\varrho rT$.

Obviously, most actual state changes in the accumulation chambers are somewhere between these two extremes and may be characterized by polytropic exponent k , assuming values between $k = 1$ and $k = \varrho$. Available experimental data demonstrate that the effective instantaneous values k vary during the processes in the cavity. For example, during the expansion after sudden pressure decrease, the value is at first near to $k = \varrho$ in the initial, fast response to the change, but then decreases as the change gradually slows down towards attaining the final equilibrium. Evaluating the effective values, even by sophisticated numerical computations of temperature and flow fields, is far from reliable. Estimated mean values are used instead. The diagram for finding the corresponding magnitudes of the capacitance in Fig. 6 may suggest that the errors due to wrong estimates are not significant, but in some more detailed investigations the resultant loss of precision may be unpleasant. Some guidance as to the polytropic exponent values is provided by the diagrams in Fig. 7 for periodic processes and in Fig. 8 for a single transition change. Noteworthy is the dependence on the shape of the cavity: a flat space with large surface/volume ratio leads to processes nearer to isothermal ones while the extre-

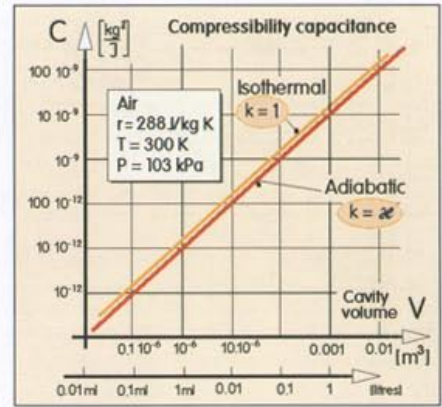


Fig. 6 Useful diagram for estimating order of magnitude values of compressibility capacitance C for air in cavities of a given volume V

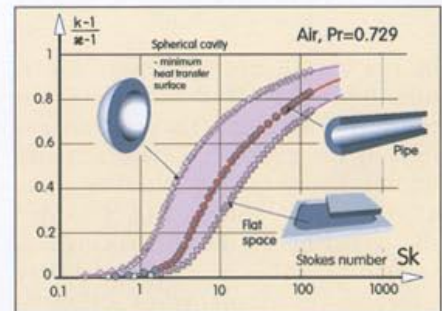


Fig. 7 Variation of the polytropic exponent k between the limits $k = 1$ and $k = \varrho = 1.4$ for periodic processes: the value increases with increasing frequency non-dimensionalized to the Stokes number Sk . The increase depends on the shape of the cavity, which determines the opportunities for heat transfer to the walls

mely small surface/volume ratio for spherical cavity makes them nearer to the adiabatic limit at the same frequency (and hence same Stokes number). This is consistent with the concept of the isothermal thermal boundary layer at the walls and adiabatic state change in the core of the cavity. The flat cavities, typical for microfluidics with its characteristic planar patterns manufactured in flat substrate plates therefore tend to exhibit higher than usual values of the compressibility capacitance C . Providing the cavity walls with thin ribs (or filling it with very thin flat objects of negligible volume) may help in increasing C in critical situations with lack of space for a larger volume, although Fig. 6 reminds that the improvement cannot be substantial.

Accumulation of liquids due to their compressibility: The absolute volume of accumulated liquid may seem to be nearly negligible, due to their large volume stiffness characterized

a) Isothermal compression

(... so slow that heat transfer into surroundings keeps gas temperature constant)

$$dT = 0 \quad C = \frac{M}{rT} - \frac{M^2}{VT} \frac{dT}{dP} = \frac{M}{rT} \quad (k = 1)$$

b) Adiabatic compression

(the other extreme ...so fast there is no time for heat transfer)

$$C = \frac{M}{rT} - \frac{(\varrho - 1)M^2}{\varrho VP} = \frac{M}{rT} - \frac{(\varrho - 1)M}{\varrho rT} = \frac{M}{\varrho rT} \quad (k = \varrho)$$

Actual processes between the two extremes

characterised by k between 1 and ϱ ($= 1.4$ for air)

$$C = \frac{dM}{d\epsilon}$$

$$C = \frac{M}{krT}$$

Fig. 5 Two extreme cases of the gas accumulation: very slow state change so that the gas temperature T remains equal to that of the cavity walls – and the adiabatic state change so fast the gas cannot exchange heat with its surroundings

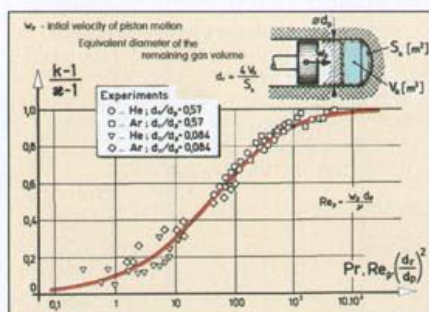


Fig. 8 Variation of the polytropic exponent k for single-stroke compressions by a piston moving with the initial velocity w_0 non-dimensionalized into the Reynolds number. Again, k approaches the adiabatic limit γ if the process is fast so that there is no time for considerable heat exchange between the gas and the cavity walls

by the coefficient K . Nevertheless, due to the mass (and not volume) in the definition Fig. 1, the resultant values of the capacitance are actually higher than those exhibited by gases of the same volume, Fig. 12. Also shown in Fig 12 is the effect of pressure rise on the gas compressibility expressed by means of the coefficient $K=kP=kRT$ (k – polytropic exponent). The increase in P increases K in the

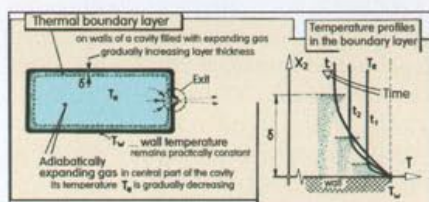


Fig. 9 A simple model for the processes of Figs 7 and 8 based on the idea of an isothermal boundary layer of gradually increasing thickness and an adiabatic core

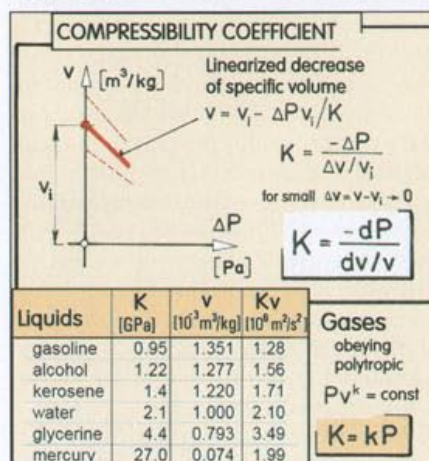


Fig. 10 Compressibility capacitance for liquids is evaluated on the basis of their compressibility coefficient K

Compressibility capacitance in the case of LIQUIDS

$$C = \frac{dM}{v dP} = -K \frac{dv}{v} = \frac{V}{Kv^2}$$

$$dP = -K \frac{dv}{v}$$

$$M = \frac{V}{v}$$

$$dM = -\frac{V}{v^2} dv$$

$$C = \frac{M}{Kv}$$

Fig. 11 The corresponding magnitude of the liquid compressibility capacitance

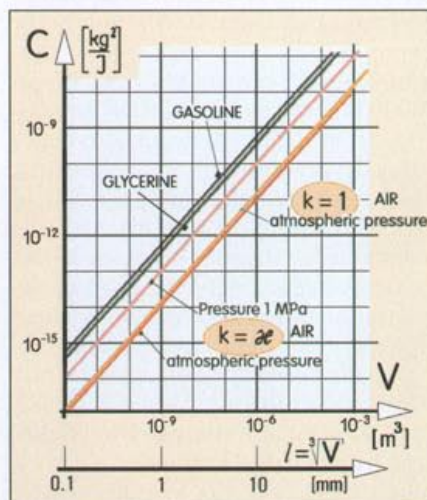


Fig. 12 Order-of-magnitude values of the capacitance C due to compressibility of liquids plotted as a function of cavity volume (with the corresponding characteristic length l on the auxiliary scale)

same way as an increase in k , but the effect on C at a constant temperature is different in Fig. 12 because of the pressure dependence of the mass M of fluid present in the cavity: increasing pressure and the consequent increase of gas density $1/v$ brings the conditions nearer to that of liquids.

Conclusion

This is a thorough coverage of gravitational and fluid compression capacitance. Additionally, to facilitate the design of microfluidic circuits, mathematical models of capacitance are provided. Non-standard capacitances found in microfluidics are analysed in the forthcoming part of the article.

References

[1] Tesař V.: „Akumulační efekt při nestacionárním přítoku“ (Accumulation Effect in Unsteady Flows-in Czech), ACTAPOLYTECHNICA-Práce ČVUT v Praze, 5(II,1)879

[2] Hencky H., Über den Spannungszustand in kreisrunden Platten mit verschwindender Biegesteifigkeit, Zeitschrift für Mathematik und Physik, Bd. 63, p. 311, 815

[3] Skłodowska A., Wozniak M., Matlakowska R., The method of contact angle measurements and estimation of work of adhesion in bioleaching of metals, Biological Procedures Online, 1: p. 114-121. doi:10.1251/bpo14, November 02, 898

[4] Computer Image of a water drop profile on a polymethylmetacrylate surface, <http://www.mie.utoronto.ca/labs/last/kwok/drop.html>

[5] Harkema S., Self-Cleaning Surfaces, Cavendish Laboratory, Univ. of Cambridge, http://www.phy.cam.ac.uk/steiner/project_information.php?project=self_cleaning

[6] Zhai L., Cebeci F.C., Cohen R.E., Rubner M.F., Stable Superhydrophobic Coatings from polyelectrolyte Multilayers, Nano letters, Vol. 4, No. 7, p. 1349, 2004

[7] Tesař V., Peszyński K.: „Microfluidic oscillator for generating oil/water emulsions“, Pneumatyka, (Maj - Czerwiec) (May - June) 3(34) ISSN 1426-6644, pages 8–11, 2002

[8] Tesař V., Peszyński K.: „Capacitance in Microfluidics“ Pneumatyka 2 (57) 2006, ISSN 1426-6644, pages 29–31

Streszczenie

Prezentowany artykuł jest kontynuacją pracy tych samych autorów pod nazwą „Capacitance in Microfluidics” zamieszczonej w dwumiesięczniku Pneumatyka 2/57/2006. W pierwszej części opisano ogólne zasady akumulacji płynów (cieczy i gazów) w obwodach mikrostrumieniowych. Przedstawiono podstawowe zjawiska, które mają wpływ na pojemność w technice mikrostrumieniowej: sprężystość płynów, grawitacja, elastyczność, kapilarność, deformacje komór. Przedstawiono również zasady budowy filtrów górno i dolno przepustowych. W niniejszym artykule zajęto się szczegółowym opisem pojemności grawitacyjnej oraz pojemności wynikającej ze sprężystości gazów. Przedstawiono modele matematyczne tych pojemności oraz przeprowadzono dyskusję ich wpływu na poszczególne typy obwodów mikrostrumieniowych.

Václav Tesař

Institute of Thermomechanics Academy of Sciences of the Czech Republic
Kazimierz Peszyński
University of Technology
and Agriculture, Bydgoszcz, Poland

Zestawienie dostawców siłowników

Uzupełnienie do zestawienia opublikowanego w numerze „Pneumatyki” 2(57) 2006.

Dostawca	Producent	Rodzaje siłowników	Zakres średnie tłoka [mm]	Maks. skok [mm] lub kąt obrotu [°]	Zakres temp. roboczych [°C]	Zakres ciśnień roboczych [bar]	Normy	Dodatkowe cechy techniczne, opeje, warunki dostawy, uwagi
1 Rectus Polska	2 Pneumax	3 Siłowniki znormalizowane - zgodne z ISO 6432 - podwójnego działania - ze sprężyną - z obustronnym tłoczyskiem - nieobrotowe - w wykonaniu INOX - w wykonaniu z tworzywa Siłowniki okrągłe Mikrosiłowniki Siłowniki profilowe ISO 6431 - dwustronnego działania - pojedynczego działania - nieobrotowe - z obustronnym tłoczyskiem - z dwustronnym tłoczyskiem - typu TANDEM - Clean Profile Siłowniki szpilkowe ISO-CETOP-CNOMO Siłowniki krótkoskokowe Seria COMPACT Seria EUROPE - podwójnego działania - pojedynczego działania - z podwójnym tłoczyskiem - TANDEM - z wydrążonym tłoczyskiem - nieobrotowe Siłowniki bez tłoczyskowe: - standardowe - z dodatkowym prowadzeniem Manipulatory: - siłowniki obrotowe - chwytaki: kątowe, równoległe	4 8-25	5 1000	6 -5 do 70°C	7 Dokładne dane u dostawcy	8 ISO 6432	9 Produkcja siłowników ISO 6432 D12-16-20-25-32 w Rectus Polska
			32,40,50 4,6,10 32-200	1000 15 1000			ISO 6431 VDMA 24562	Produkcja siłowników ISO 6431 D32-D125 w Rectus Polska
			32-200	1000			CNOMO CETOP ISO	
			12-100	500			ISO UNITOP	
			25-63	6000				
			kątowe: -10-30 -3 -180 -5-180 obrotowe: 0-90- 180-360					

Zestawienie systemów rozprawadania sprężonego powietrza

Przegląd nie jest kompletny. Ewentualne uzupełnienia mogą się pojawić w kolejnych wydaniach „Pneumatyki”.

Firma (dostawca, wykonawca)	Przewody, rury (systemy, producent, krótka charakterystyka)	Elementy łączone (rodzaje, średnice itp.)	Inne elementy (odwadniacze, zawory, przyłącza elastyczne itp.)	Zakres oferty (dostawa elementów, projekty, prace montażowe, modernizacje itp.)
1	2	3	4	5
ARAPneumatik Wrocław	System rozprawadania sprężonego powietrza w oparciu o rury aluminiowe lub ze stali nierdzewnej i system złączy wykowych firmy Legris Transair® Charakterystyka: – bardzo prosty i błyskawiczny montaż, – lekkie rury aluminiowe nie obciążają konstrukcji hali, – łatwa i elastyczna rozbudowa, – odporny na korozję, agresywne otoczenie, – natychmiastowa gotowość do pracy	Średnice rur aluminiowych: 16,5, 25, 40, 63, 76, 100 mm Średnice rur ze stali nierdzewnej: 76, 100 mm	Kompletny system oprócz rur i złączy zawiera: – przewody elastyczne, – kolektory, – stacje przygotowania powietrza i układy automatycznego odwodnienia instalacji, – szybkozłącza, – spirale zwijane przewody, – słupy nośne, – elementy mocujące do szyn, – kątowników i korytek elektrycznych	Kompletacja, dobór i dostawa elementów. Projektowanie instalacji pneumatycznych, montaż i modernizacja
Gaztechnika Katowice	Rury precyzyjne bezszwowe miedziane i ze stali nierdzewnej, w zwoju i sztangach, średnice: 3,0–28,0 mm	Złącza na pierścienie zaciskowe „gyrolok” ze stali kwasoodpornej i mosiężne; na średnice 3,0–25 mm i calowe 1/8”–1”	Zawory odcinające, kulowe, iglicowe i inne firmy hoke i innych producentów, projektowanie, dostawa elementów prace montażowe, serwisowanie	
Italcom Aignep Katowice	System profili aluminiowych o przekroju okrągłym, powlekanych tworzywem sztucznym, łączonych metodą zaciskową	20 mm–63 mm	Pełna gama filtrów do uzdatniania powietrza, naolejaczy, odwadniaczy oraz osprzętu uzupełniającego do instalacji sprężonego powietrza	Oferujemy dostawę elementów, kompleksową obsługę i doradztwo oraz projektowanie w zakresie wykonania instalacji sprężonego powietrza
Italcom Teseo Katowice	Systemy aluminiowych profili o przekroju kwadratowym System AP Stworzony głównie z myślą o małych i średniej wielkości sieciach sprężonego powietrza	20 mm–110 mm	Pełna gama filtrów do uzdatniania powietrza, naolejaczy, odwadniaczy oraz osprzętu uzupełniającego do instalacji sprężonego powietrza	Oferujemy dostawę elementów, kompleksową obsługę i doradztwo oraz projektowanie w zakresie wykonania instalacji sprężonego powietrza

1	2	3	4	5
Metal Work Polska Sp. z o.o. Poznań	Polister-poliuretan (PP-PUR) przewód wykonany z poliuretanu z domieszką poliestru. Charakteryzuje się wysokimi właściwościami mechanicznymi oraz odpornością na ścieranie i załamywanie się przewodu. Dostępny standardowo w kolorze niebieskim, średnice zewnętrzne od $\phi 3$ do $\phi 14$, rolki w długościach po 50 m. Możliwość zakupu innych kolorów oraz długości. Polieter-poliuretan (PP-PEPUR) przewód wykonany z poliuretanu z domieszką polieteru. Odpowiedni do użycia w instalacjach wymagających podwyższonej odporności na hydrolizę. W porównaniu z przewodami PP-PUR cechuje się podwyższoną elastycznością oraz odpornością na załamania. Standardowo dostępny jest przewód przeźroczysty w odcieniu niebieskim, średnice zewnętrzne od A4 do A10, rolki w długościach 50 m. Możliwość zakupu innych kolorów oraz długości. FLAMEX (trudno palny poliuretan), wysoka odporność na działanie iskier i odprysków spawalniczych, idealny do użycia w urządzeniach i automatach spawalniczych. Ciśnienie robocze w zakresie – 0,9 bara do 20 barów w zależności od temperatury pracy. Dostępne średnice zewnętrzne od $\phi 4$ do $\phi 14$ w rolkach 50 m, w kolorze niebieskim lub czarnym, na specjalne zamówienie dostępne w kolorach: czerwonym, żółtym, zielonym i niebieskim. PUR-ASS (antystatyczny polieter-poliuretan) odpowiedni do zastosowań wymagających zabezpieczenia przed wyładowaniami elektrostatycznymi. Zalecany do stosowania w strefach zagrożonych wybuchem,	Pełna oferta elementów złącznych zawiera: – złącza wtykowe w wykonaniu mosiężnym i z tworzywa sztucznego do przewodów o średnicach od $\phi 3$ do $\phi 14$ – złącza standardowe z gwintami wewnętrznymi i zewnętrznymi M5 - 3/8" serii „A” – złącza z pierścieniem zacinającym serii „B” do przewodów o średnicach od $\phi 4/2$ do $\phi 15/12$ – złącza nasadowe serii „C” do przewodów o średnicach od $\phi 6/4$ do $\phi 15/12.5$ – złącza oczkowe „BANJO” serii „D” do przewodów o średnicach od $\phi 4/2$ do $\phi 12/10$	W zakres oferty wchodzi: reduktory, filtry, filtry dokładne, filtro-reduktory, smarownice, zawory odcinające, zawory łagodnego startu, moduły rozgałęziające, płyty zasilające, zestawy zmontowane z powyższych pozycji Urządzenia wykonane są w trzech seriach: SKILLAR - budowa modułowa 1/4" – 2" BIT – seria pomocnicza 1/8" – 1/4" New Deal – do cięższych warunków pracy 1/4" – 1"	• Dostawa elementów • Projekty

1	2	3	4	5
	System HBS „Większy brat” systemu AP, przeznaczony do budowy sieci o charakterze przemysłowym o skomplikowanej topografii. Tworzą go profile o większych przekrojach i nieco innym kształcie oraz przystosowana do nich armatura w postaci kolanków, trójników, zaworów itp. System ATS Technologia oparta o profile aluminiowe stanowiące szyny jezdne dla wózków z przyłączami. Wózek umożliwia podwieszenie na nim narzędzi o masie do 50 kg i swobodny dostęp do instalacji wzdłuż szyny na długości do 18 metrów			
ite palečka-zapletal s.c. Kraków	Przewody: – poliamidowe, – polietylenowe, – poliuretanowe	Armatura przyłączeniowa, szybkozłączna, złącza wykowe typu PUSH-IN	Zestawy przygotowania powietrza FRL, zawory, elektrozawory, siłowniki	Dostawa elementów do klienta oraz pomoc techniczna, serwis
John Guest Polska Sp. z o.o. John Guest Ltd.	System wykowy instalacji sprężonego powietrza John Guest. Rury poliamidowe PA12: miękkie (w zwojach), twarde (w sztangach). Średnice rur z tworzywa: 12, 15, 18, 22, 28 mm. Rury aluminiowe: twarde (w sztangach). Średnice rur z aluminium: 15, 18, 22, 28 mm. Charakterystyka: bardzo prosty i szybki montaż, idealne do sprężonego powietrza, cieczy i próżni, montaż bez użycia narzędzi, bez dodatkowego uszczelnienia, możliwość wielokrotnego łączenia i rozłączania, bardzo dobre właściwości przepływowe, szeroka gama produktów	Złącza: – z tworzywa sztucznego (wykonane z czarnego kopolimeru acetalu), rodzaje złązek: wkręcane, proste kolanka, trójniki, redukcje, króćce redukcyjne, króćce z gwintem i inne (średnice 12, 15, 18, 22 i 28 mm); – z mosiądzu, rodzaje złązek: wkręcane króćce z gwintem i inne (średnice 15, 22, 28 mm)	Akcesoria: nożyce i obcinaki do rur, puszki rozdzielacza wykonane z tworzywa i aluminium, zaślepki, obejmy do rur, kapy ochronne, pierścienie zabezpieczające i inne	Doradztwo techniczne, kompletacja, sprzedaż, dostawa
Legris TRANSAIR Warszawa	Kompletny system instalacyjny z rur aluminiowych, lakierowanych na niebiesko, łączonych szybkozłączami	16,5 mm; 25 mm; 40 mm; 63 mm; 76 mm; 100 mm Rury i złącza Wszystko, co potrzebne do profesjonalnej instalacji sprężonego powietrza. Ponad pół tysiąca pozycji katalogowych	FRL, automatyczne odwadniacze, wężownice, spirale, klipsy mocujące, pistolety pneumatyczne, rury elastyczne, szybkozłączna, wsporniki, przyłącza, kraniki, króćce, zaślepki etc. ...oraz cała gama elementów LegrisCONNECTIC	• Bezpłatne oszacowanie kosztów instalacji i czasu montażu • Katalog oraz instrukcja dla instalatora oraz – jeśli potrzeba – szkolenia instalatorów • Bezpłatna konsultacja w ramach doboru technologii, doradztwo • Pomoc w projektowaniu dla biur projektowych oraz przeprojektowaniu dla instalatorów i klientów końcowych

1	2	3	4	5
	w kopalniach, do przenoszenia lub sortowania elementów. Dostępne średnice zewnętrzne od A4 do A10 w rolkach 50 m, w kolorze czarnym z oznakowaniem w kolorze białym			
Nederman Polska Sp. z o.o. Katowice	Zwijacze węży w zakresie średnic od 6 mm do 25 mm, długości węży zależne od typu zwijacza i średnicy węża. Ciśnienie robocze do 1,5 MPa. Wszystkie zwijacze węży posiadają napęd sprężynowy oraz mechanizm zapadkowy do blokowania szpuli nawojowej			Zwijacze węży z fabrycznie nawiniętym węzłem podawczym i węzłem podłączeniowym lub bez dostawy węży
Pneumat System Sp. z o.o. Wrocław	System instalacji pneumatycznych z aluminium „INFINITY”. Zakres średnic: od 20 do 63 mm Zakres ciśnień: od -0,99 do 15 barów Zakres temperatury pracy od -20 do + 80 stopni C. Malowanie: farba proszkowa niebieska	Pełen zakres złączy wtykowych wykonanych z mosiądzu niklowanego. Opatentowany trójnik, w którym następuje separacja kondensatu z punktów zejściowych do odbiorników. Kompletny system uchwytów i pomocniczych materiałów montażowych	Zbiorniki ciśnieniowe o pojemnościach od 200 do 10 000 l. Kompletne układy uzdatniania sprężonego powietrza (filtry, osuszacze, separatory kondensatu). Zawory bezpieczeństwa	Dostawa systemów instalacyjnych, projektowanie i kompleksowe wykonawstwo instalacji pneumatycznych, serwis instalacji
RECTUS POLSKA Sp. z o.o. Dębówiec k. Cieszyna	Przewody proste PU, PA RECTULASTIC, wielożyłowe PU i PA, PU wzmocniony opłotem SUPERBRAID, superlekki PU ze wzmocnieniem ULTRA-LITE, SUPERBRAID, PCVRECTUSOFT, PU w otulinie gumowej (odporny na odpryski spawalnicze) RECTUSPARK. PVDF RECTUCHEM, PTFE, FEP, PTFE w oplocie ze stali nierdzewnej, aluminiowe w potrójnej osłonie tworzywowej SERTO FLEX. Przewody spiralne pojedyncze oraz wielożyłowe PU RECTUFLEX, PARECTULASTIC, PU ze wzmocnieniem SUPERBRAID, PVDF RECTUCHEM, PU w otulinie gumowej RECTUSPARK oraz wiele innych	Szybkozłącza od DN 1,5 mm do DN 45 mm, szybkozłącza typ 26, złącza wtykowe z tworzywa 4-16 mm, i mosiądzu niklowanego 4-12 mm, złącza skręcane mosiężne 6-12 mm, mosiężne niklowane 4-15 mm oraz z PA 6-12 mm, złącza niskociśnieniowe z pierścieniem do rur mosiężnych oraz przewodów 4-18 złącza SERTO ściskającym (mosiądz 2-35 mm, mosiądz niklowany 6-18 mm, nierdzewna 2-28 mm, PVDF 6-16 mm, PA 6-12 mm)	Zestawy przygotowania powietrza, regulator ciśnienia, naolejacz, filtr powietrza, filtrreduktor, zawory kulowe, zawory odcinające, zawory łagodnego startu, precyzyjne regulatory ciśnienia, wzmacniacze ciśnienia, elektrozwory 2/2, 3/2 bezpośredniego działania oraz z serwowspomaganiem, 5/2, 5/3, 4/3, zawory 2/2 ze zintegrowanym siłownikiem	Projektowanie, kompletacja oraz dostawa elementów



Sprężarki CRS 132



CompRot Sp. z o.o. od lat utrzymuje czołową pozycję w branży pneumatycznej i ochrony środowiska na rynku polskim. To zasługa nie tylko wysokiej klasy oferowanych produktów, ich trwałości oraz umiarkowanie niskich cen, lecz przede wszystkim stałej gotowości do dzielenia się z klientami naszą wiedzą i doświadczeniem.

Od roku 1991 produkujemy i dostarczamy urządzenia do sprężania powietrza i gazów:

- kompresory śrubowe olejowe z urządzeniami do kompleksowego uzdatniania powietrza
- kompresory śrubowe bezolejowe
- kompresory do przetwarzania gazu ziemnego, biogazu itp.
- osłony i obudowy dźwiękochłonno-izolacyjne dla wszelkiego typu urządzeń
- dmuchawy

www.comprot.com.pl



PRODUKCJA I SPRZEDAŻ
CompRot Sp. z o.o.

ul. Robotnicza 72, 53-608 Wrocław
tel. 071 798 59 00, fax 798 59 09
e-mail: comprot@comprot.com.pl
www.comprot.com.pl

SERWIS

CompRot-Serwis
ul. Robotnicza 72, 53-608 Wrocław
tel. 071 798 59 00, fax 798 59 09
e-mail: serwis@comprot.com.pl
www.comprot.com.pl



Medale i wyróżnienia



Spis reklam

Okladka

I	Rectus
II	Deltech
III	domnick hunter
IV	John Guest

Alup	10
Ara Pneumatik	21
As Instrument	7
CompRot	56
Hiross	10, 26
Inwet	6
Ite zapletal-palęcka	7
Laska	3
Legris	7
Mark	47
Nedermann	23
Pneumatik S.A.	6
Polna	7
Prema	15
Targi HPS	31

Branża pneumatyczna w Polsce

Na naszej mapce branży pneumatycznej umieszczone są firmy o których redakcja ma informacje dotyczące ich działalności i które prezentują swoją ofertę na łamach pneumatyki.

Artykuły promocyjne

Donaldson	18
Italcom	12
Ingersoll-Rand	24
In-Tech	16
John Guest	32
Legris	20
Pneumatik S.A.	11
Rectus	28
Sullair	22

Zapraszamy do prenumeraty dwumiesięcznika „Pneumatyka”

Poniższy druk polecenia przelewu/wpłaty gotówkowej służy do zapłaty za prenumeratę dwumiesięcznika „Pneumatyka” oraz jego archiwalnych egzemplarzy. Prosimy o wycięcie i uważne wypełnienie druków.

Prenumerata może być rozpoczęta w dowolnym momencie.

Cena prenumeraty: prenumerata roczna (6 egz.) 45,00 zł, prenumerata półroczna (3 egz.) 22,50 zł, wydanie bieżące 7,50 zł, wydanie archiwalne 5,00 zł. Wszystkie ceny zawierają VAT i obejmują koszty wysyłki.

Wystawienie faktury i wysyłka zamówionych egzemplarzy następuje po wpłynięciu na nasze konto należnej kwoty lub po otrzymaniu potwierdzenia zapłaty.

Wydawnictwo Lektorium, ul. Robotnicza 72, 53-608 Wrocław, tel. (071) 798 59 46, fax (071) 798 59 47 e-mail: prenumerata@lektorium.pl.

Uprzejmie informujemy, że prenumeratę oprócz naszej redakcji przyjmują: RUCH SA, SIGMA-NOT Sp. z o. o., KOLPORTER SA, GARMOND Ltd. W sprzedaży detalicznej czasopismo dostępne jest w „empikach”, salonach prasowych oraz w siedzibie naszego wydawnictwa.

Bank Przemysłowo-Handlowy PBK SA
w Krakowie III o/Wrocław
95106000760000409910133389

Wydawnictwo Lektorium
53-608 Wrocław, ul. Robotnicza 72
[] [] [] [] zł [] [] gr

Zamawiam prenumeratę
„Pneumatyka”

☐ roczną (6 egz.) od nr
☐ półroczną (3 egz.) od nr
☐ wydanie bieżące nr
☐ wydanie archiwalne nr

☐ Jestem płatnikiem VAT. Proszę o wystawienie faktury VAT bez podpisu odbiorcy.
☐ Wyrażam zgodę na przetwarzanie moich danych osobowych w celach marketingowych, zgodnie z Ustawą 29.08.1997 r. o Ochronie Danych Osobowych (Dz.U. nr 133, poz. 883) przez Wydawnictwo Lektorium.

podpis:
Adres zamawiającego:
tel.

NIP:

stempel
dzienny

opłata

nazwa odbiorcy
WYDAWNICTWO LEKTORIUM

nazwa odbiorcy cd.
53 - 608 WROCLAW ROBOTNICZA 72

I.k. nr rachunku odbiorcy
95 1060000760000409910133389

W P PLN

nr rachunku zleciennodawcy (przelew) / kwota słownie (wpłata)

nazwa zleciennodawcy

nazwa zleciennodawcy cd.

tytułem

tytułem cd.

Opłata:

pieczęć, data i podpis(y) zleciennodawcy

Bank Przemysłowo-Handlowy PBK SA
w Krakowie III o/Wrocław
95106000760000409910133389

Wydawnictwo Lektorium
53-608 Wrocław, ul. Robotnicza 72
[] [] [] [] zł [] [] gr

Zamawiam prenumeratę
„Pneumatyka”

☐ roczną (6 egz.) od nr
☐ półroczną (3 egz.) od nr
☐ wydanie bieżące nr
☐ wydanie archiwalne nr

☐ Jestem płatnikiem VAT. Proszę o wystawienie faktury VAT bez podpisu odbiorcy.
☐ Wyrażam zgodę na przetwarzanie moich danych osobowych w celach marketingowych, zgodnie z Ustawą 29.08.1997 r. o Ochronie Danych Osobowych (Dz.U. nr 133, poz. 883) przez Wydawnictwo Lektorium.

podpis:
Adres zamawiającego:
tel.

NIP:

stempel
dzienny

opłata

nazwa odbiorcy
WYDAWNICTWO LEKTORIUM

nazwa odbiorcy cd.
53 - 608 WROCLAW ROBOTNICZA 72

I.k. nr rachunku odbiorcy
95 1060000760000409910133389

W P PLN

nr rachunku zleciennodawcy (przelew) / kwota słownie (wpłata)

nazwa zleciennodawcy

nazwa zleciennodawcy cd.

tytułem

tytułem cd.

Opłata:

pieczęć, data i podpis(y) zleciennodawcy



domnick hunter



dh Group Polska Sp. z o.o.,
ul. Ryżowa 87, 05-816 Opacz k/Warszawy,
tel. (022) 723 03 67, fax (022) 723 03 68
e-mail: info@dhgroup.pl



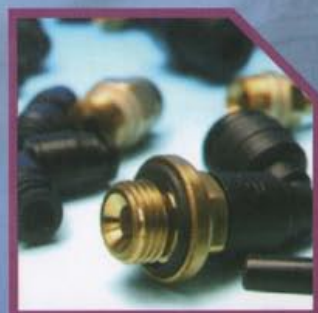
Oczyszczanie sprężonego powietrza



John Guest®

Speedfit® Air Products

- prosty i szybki montaż,
- idealne do sprężonego powietrza i cieczy,
- najwyższa jakość produkcji ISO 9001,
- montaż bez użycia narzędzi,
- szybkie rozłączanie połączeń,
- bez dodatkowego uszczelniania,
- stosowane do większości rur z metalu lub tworzywa sztucznego,
- możliwości wielokrotnego łączenia i rozłączania,
- bardzo dobre właściwości przepływowe,
- szeroka gama produktów (system modułowy),
- natychmiastowa zdolność do pracy.



**Pneumatyka,
pneumatyka mini**



Akcesoria



**Systemy
sprężonego powietrza**



Akcesoria



**Rury poliamidowe
i aluminiowe**



**Rury polietylenowe
LLDPE**

John Guest Polska Sp. z o.o.

Ul. Starołęcka 7, 61-361 Poznań

Tel.: 061 878 04 08, fax: 061 878 02 85

e-mail: info@johnguest.pl

www.johnguest.com